

# EL PAPEL DE LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA EN LA EDUCACIÓN A DEBATE

María Jesús Martín-Díaz  
IES Jorge Manrique, España

## 1. LOS ANTECEDENTES

En la actualidad estamos asistiendo a una aparente contradicción sobre la importancia y la incidencia de la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad. Por un lado, la presencia y la influencia de ambas en las formas de vida parece casi incuestionable. Baste echar una mirada a nuestro alrededor para observar la omnipresencia de los resultados de los avances tecnológicos y de los descubrimientos científicos en ámbitos tan variados como la sanidad, la educación, la alimentación o las comunicaciones que repercutan en nuestras relaciones sociales, en general, y en las personales y laborales, en particular. Por otro lado, la presencia de las ciencias experimentales se va reduciendo en los currículos escolares y la elección de estudios universitarios sobre estas ciencias por parte de los estudiantes también va disminuyendo a medida que avanza el tiempo. Además, se oye con frecuencia que los alumnos cada vez aprenden y saben menos ¿Cuál es la causa de esta situación? ¿No ha sabido y no sabe responder la educación en ciencias de la naturaleza al reto de los cambios en la sociedad? ¿Ha habido una evolución paralela de estos aspectos o ha sido más bien divergente?

Para poder responder a estas preguntas puede ser esclarecedor tratar de hacer un breve recorrido histórico por la enseñanza de las ciencias en el último siglo, sin tratar con ello de minimizar la influencia de otros factores sociales que han ido modificando los valores presentes en la sociedad. En este recorrido se va a poner la atención fundamentalmente en las finalidades u objetivos que ha ido tratando de alcanzar dicha enseñanza, ya que en nuestra opinión sólo cuando se ha determinado con claridad para qué se enseñan ciencias se pueden ir desgranando el resto de las intenciones educativas: ¿qué objetivos deben alcanzar los alumnos<sup>1</sup>?, ¿qué contenidos son los más apropiados para el logro de éstos?, ¿cuál es la secuencia más apropiada?, ¿cuáles son las actividades idóneas?, ¿qué y cómo se debe evaluar?, ....., aunque bien es cierto que un consenso en las finalidades no supone una única manera de responder al resto de las preguntas. Estas finalidades que deben regir todo el proceso enseñanza-aprendizaje van a constituir el hilo conductor de esta exposición.

En otro orden de cosas, el desarrollo de los derechos humanos, especialmente en los países occidentales, ha conllevado una extensión de la educación a sectores sociales que anteriormente estaban privados de este derecho. Esto necesariamente lleva también a una reflexión sobre las finalidades de la educación en ciencias, reflexión necesaria para adaptarse a los nuevos cambios sociales, en general, y educativos, en particular. En el momento actual hay quien llega a decir que *“para que la ciencia forme parte de la educación obligatoria es preciso que la ciencia sea útil para la vida cotidiana y para la participación democrática”* o bien que *“el estatus de las disciplinas científicas, como materias obligatorias en la educación secundaria, sólo tiene sentido si su enseñanza ofrece valores de carácter universal y no únicamente para la*

---

<sup>1</sup> En este artículo se utiliza el genérico masculino para ambos géneros con el objeto de facilitar la lectura.

*próxima generación de científicos*”; a lo que nosotros, además, añadiríamos que esos valores de carácter universal son esenciales para los futuros científicos y, en general, se les está privando de ellos.

En contra de lo que se podría esperar el pensamiento de estas declaraciones no pertenece a las últimas décadas, y así nos lo muestra Hurd (1998) en un breve recorrido histórico por la educación científica, en el que nombra a

- Herbet Spencer, filósofo británico, que en 1859 señala que debería enseñarse aquello que tiene una clara incidencia en la vida, como por ejemplo, aspectos de la industria, procesos de la vida y desarrollo social que dependen de la ciencia;
- James Wilkinson, miembro de la Real Academia de Cirujanos de Londres, que en 1847 en una conferencia titulada “Ciencia para todos” crítica a los científicos por tener unos objetivos más cercanos a su propia promoción que a la influencia de sus descubrimientos en la vida individual y social;
- la Progressive Education Association que en 1932 propone como objetivos de la educación científica los impactos de la ciencia en el progreso social, en los modelos culturales y en la vida de los individuos; o
- a él mismo, que en 1958 introdujo la alfabetización científica como objetivo de la educación en las ciencias experimentales.

No obstante, la corriente predominante en las finalidades de la enseñanza de las ciencias en los países occidentales, después del lanzamiento del Sputnik por la URSS, es la que considera la formación de los futuros científicos del país, como objetivo primordial como consecuencia de la urgente necesidad de competir en la carrera armamentística, espacial y energética. Es absolutamente prioritario formar buenos científicos para estar a la cabeza en estos aspectos que determinarán el dominio del mundo. Aunque este hecho tiene su génesis en EEUU, tendrá también repercusión en los países occidentales europeos. De este modo, Duschl (1990) señala que la meta principal de los proyectos curriculares de NSF (National Science Foundation, USA) a partir de la década de los 50 era producir una nueva generación de científicos. También en el Reino Unido, durante la década de los 60 y los 70, se desarrollaron cursos como Nuffield y Schools Council, que ponían el acento en la finalidad propedéutica de la enseñanza de las ciencias, pero enseñando a los alumnos a “ser científicos”, es decir, enfatizando simultáneamente los procesos de la ciencia. Desde nuestro punto de vista, esta nueva orientación curricular, conocida en la didáctica de las ciencias como “enseñanza por descubrimiento”, fue de gran importancia en la enseñanza de las ciencias porque incluyó contenidos, como la “forma de hacer de la ciencia”, que en épocas anteriores habían sido obviados. Como señalan Reid y Hodson (1987), ser científico por un día se convirtió en un lema y se paso del aprendizaje a través del libro de texto al aprendizaje en el laboratorio.

Además, en estos mismos momentos, paralelamente al desarrollo de los nuevos currículos, en otros ámbitos están teniendo lugar otros sucesos que van a tener influencia en la enseñanza de las ciencias: nueva orientación en los estudios de filosofía de la ciencia como consecuencia de la incidencia de la historia de la ciencia, y movimientos sociales de contestación frente a situaciones como el desarrollo “considerado no siempre positivo” de la tecnología, la utilización de la energía nuclear, la guerra de Vietnam, etc. En definitiva, nos encontramos con unos nuevos proyectos curriculares que ponen el énfasis en los procesos

de la ciencia y que están surgiendo paralelamente a unos eventos que van a ser decisivos para pedir cambios e innovaciones en esos currículos en los años siguientes. La importancia de estos proyectos a nivel mundial fue tal que algunos autores (Hodson, 1985; Duschl, 1990) declaran que estos intentos de cambio realizados en las décadas de los 60 y 70 han sido los más ambiciosos hasta el momento actual y, quizás, los que mayor incidencia han tenido en las aulas, incluidas las españolas (recordemos el énfasis puesto en los procesos de la ciencia en la denominada “Reforma experimental”). No obstante, otros autores también ponen una cierta nota negativa, quizás evitando caer en un triunfalismo que nadie comparte. Así por ejemplo, Claxton (1991) señala que realmente los objetivos de este movimiento en la enseñanza de las ciencias nunca fueron alcanzados; Ausubel, (1968) reclama mayor atención en los contenidos más conceptuales que parecían haber caído en un cierto olvido en los proyectos anteriores; y, finalmente, sus logros no se puede decir que fueran espectaculares, posiblemente porque iban dirigidos a una élite de la población (en el caso del proyecto inglés a los alumnos de las Grammar Schools) con una finalidad determinada -formar futuros científicos.

En consecuencia, en la década de los 80 para ciertos autores<sup>2</sup>, como Duschl (1990) aparece la segunda crisis en la enseñanza de las ciencias después de la II Guerra Mundial. Este autor indica que en 1982 el Director General de la NSF, John Slaughter, señalaba el mayor distanciamiento existente entre el mundo de los científicos y el público en general, que puede ser considerado como analfabeto científico. En realidad, es una llamada sobre el estado de la enseñanza de estas disciplinas, para tratar de buscar soluciones al problema detectado. De este modo, se crea el germen para la aparición de distintos movimientos a lo largo de las últimas décadas, bajo denominaciones como Ciencia para todos, Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), Alfabetización científica, Comprensión pública de la ciencia.

## 2. LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Desde nuestro punto de vista, todos estos movimientos tratan de responder la insatisfacción producida por una enseñanza de las ciencias con una finalidad predominantemente elitista y con unas características de la ciencia ya superadas por el pensamiento de la filosofía de la ciencia; en una sociedad con una mayor influencia de la ciencia y la tecnología en la vida personal, laboral y social de todos los ciudadanos, de tal forma que parece dominada por el arrollador “avance” de estas disciplinas, y en la que son precisos ciertos conocimientos para poder participar democráticamente y tratar de incidir sobre la misma. En un breve análisis, vamos a señalar las finalidades que pretenden alcanzar los movimientos anteriores y algunas de las pautas que indican para lograrlas.

“**Ciencia para todos**” se ha convertido en un eslogan que expresa con claridad la necesidad de una educación científica para todos los alumnos y no solamente para aquellos que pueden tener a la ciencia como objeto de su profesión. Veámoslo, con algunas citas literales:

*“La educación científica es para todos –no solamente para aquellos que tiene potencial para convertirse en científicos, tecnólogos o técnicos-. Todos tienen derecho a comprender y tomar parte en procesos de resolución de problemas de la vida cotidiana que necesitan el conocimiento y las disciplinas de la Ciencia ... Un curso de ciencias, por lo tanto, es un componente esencial del currículo de cada chico y chica hasta el final de la escolaridad obligatoria.”* Currículo 11-16 (DES, 1977).

---

<sup>2</sup> Aunque en el Reino Unido, los nuevos cambios en la enseñanza de las ciencias empezaron en los años 70 y lograron su desarrollo en la década de los 80.

*“Todo el mundo necesita saber algo sobre la ciencia, sus logros y limitaciones, sea o no científico o ingeniero. Mejorar este entendimiento no es un lujo, es una inversión vital para el futuro bienestar de la sociedad”* (Royal Society, 1985).

*“Una sociedad democrática y socialmente justa requiere igualdad de oportunidades educativas. La educación comprensiva es un paso en la dirección apropiada: la provisión de un currículo común es el siguiente paso lógico y necesario. La sociedad se beneficia cuando las habilidades y talentos de todos los niños se desarrollan completamente. El currículo diferenciado ..... ayuda a perpetuar la sociedad estratificada.... La inevitable consecuencia de seguir un currículo de segunda categoría es un sentimiento de ser de segunda categoría...”* (Reid y Hodson, 1987).

Es decir, según distintos autores la finalidad última de esta “Ciencia para todos” es dotar a los alumnos de una cultura científica que les capacite para participar activamente en una sociedad democrática con una toma de decisiones responsables fundamentadas en el conocimiento.

La pregunta clave es, a continuación, ¿cuál debe ser este currículo común para todos? Reid y Hodson (1987) señalan que dicho currículo debería recoger:

- conocimiento de la ciencia –hechos, conceptos y teorías-
- aplicación del conocimiento –uso directo del conocimiento científico 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 e investigaciones,
- interacción con la tecnología,
- cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales en la ciencia y la tecnología,
- historia y desarrollo de la ciencia y de la tecnología,
- estudio de la ciencia y la práctica científica –consideraciones filosóficas y sociológicas centradas en los métodos científicos, papel y status de las teorías científicas y las actividades de la comunidad científica.

Paralelamente en el tiempo con “Ciencia para todos” surge un movimiento bajo la denominación de **Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS)** cuyo origen hay que buscarlo en la contestación social, ecologista y pacifista, de los años 60 y 70, donde se empieza a cuestionar la confianza ciega en la ciencia y la tecnología, tratando de responder a la pregunta: ¿realmente éstas producen los beneficios incuestionables que la sociedad cree? La contestación social pronto repercute en la enseñanza, primero en la universidad y, posteriormente, en la educación secundaria, donde lógicamente existe un terreno de cultivo apropiado, como hemos señalado anteriormente, por la preocupación de los logros alcanzados por la enseñanza de las ciencias y por el avance en la investigación educativa. Así aparecen cursos, por primera vez en 1969, sobre CTS en las facultades de ciencias y escuelas de ingenierías y, a continuación, en las de humanidades y ciencias sociales. También se produce la creación de sociedades profesionales y revistas dedicadas a CTS y de movimientos sociales cercanos a los orígenes. En lo que respecta a la educación secundaria, estos movimientos CTS cristalizan, en primer lugar, en la aparición de proyectos diversos y, en segundo lugar, en la introducción de los denominados contenidos CTS en los currículos escolares oficiales,

Aikenhead (2002) hace un análisis de la génesis del slogan CTS, interesante por el tiempo que conllevó y por las dudas que presentó la inclusión de los distintos términos -Ciencia, Tecnología, Sociedad-; dudas que van a estar presentes en el posterior desarrollo del movimiento y que van a ser la causa de las distintas interpretaciones de las siglas y de los distintos proyectos que aparecen. Este autor señala tres momentos claves:

La propuesta en 1971 de Gallagher: *“Para futuros ciudadanos en una sociedad democrática, las interrelaciones CTS pueden ser tan importantes como la comprensión de los conceptos y procesos de la ciencia”*

El artículo de Paul Hurd en 1975 titulado *“Ciencia, Tecnología y Sociedad: Nuevas metas para una enseñanza interdisciplinar de las ciencias”* que dibuja la estructura de un currículo científico CTS.

El libro de Ziman, *“Enseñanza y aprendizaje sobre ciencia y sociedad”* publicado en 1980.

Como en el caso anterior nuestra primera reflexión va dirigida a buscar las finalidades de este movimiento de renovación de enseñanza de las ciencias. Veamos las opiniones de algunos autores:

*“El propósito de la educación CTS es promover la alfabetización en ciencia y tecnología, de manera que se capacite a los ciudadanos para participar en el proceso democrático de toma de decisiones y se promueva la acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con la tecnología en la sociedad industrial”* (Waks, 1990)

*“CTS aspira a enseñar a sus estudiantes como buscar información relevante e importante sobre una materia dada, de qué manera analizarla y evaluarla y, finalmente como alcanzar una decisión respecto a la acción apropiada. En el proceso de tratar con tales problemas, los estudiantes deberían haber reflexionado sobre los valores implicados en la ciencia y en la ingeniería y reconocer, en último término que su propia decisión está asimismo basada en valores”* (Cutcliffe, 1990)

*“La enseñanza CTS de las ciencias está dirigida a preparar a los futuros científicos/ingenieros y a los ciudadanos conjuntamente para participar en una sociedad cada vez más moldeada por la investigación y el desarrollo en ciencia y tecnología”*. (Aikenhead, 1994)

Adentrándonos un poco en lo que puede significar un currículo CTS, como hicimos en el movimiento anterior, Bybee (1985) considera las siguientes competencias como propias del mismo:

- adquisición de conocimientos para cuestiones personales, cívicas y culturales;
- desarrollo de habilidades para recoger información, resolver problemas y toma de decisiones;
- desarrollo de ideas y valores para políticas locales y públicas y problemas globales.

En lo que respecta a los contenidos; Aikenhead (1994) vuelve a señalar su variedad y hace una buena clasificación de las distintas propuestas aparecidas en ocho categorías, que comienzan con la utilización de contenidos CTS como elemento motivador, avanzan según lo hacen la cantidad de estos contenidos hasta convertirse en el elemento organizador del currículo y terminan con aquellas propuestas en que los contenidos son básicamente tecnológicos o sociales y la ciencia pasa a la categoría de comparsa. No obstante, es importante señalar que todas las propuestas vagan por la ciencia, la tecnología y la sociedad, siendo el peso específico y el papel asignado a cada elemento lo que determina la categorización.

Para algunos autores (Aikenhead, 1994), la innovación CTS representa un cambio paradigmático en términos kuhnianos en lo que respecta a las finalidades de la educación. Pero, nuestra opinión es que no existen diferencias fundamentales en lo que respecta a la declaración de intenciones educativas fundamentales y en los contenidos fundamentales en los dos movimientos analizados, pueden existir diferencias de matices debido al momento en que fueron formuladas, posteriormente las de CTS, por lo que pueden suponer un mayor grado de elaboración. CTS es un movimiento muy amplio con repercusiones en

numerosos países –entre los que se encuentra España, como lo muestran distintas publicaciones, como por ejemplo, AA. VV. (1995), Solbes y Vilches (1997), Membiela, (2001)- y que aunque bajo su manto acoge concepciones distintas (Aikenhead, 1994, 2002), sí que parece haber un acuerdo en las finalidades últimas que trata de alcanzar y que acabamos de poner en boca de algunos autores representativos. Acuerdo que alcanza también a la concepción “Ciencia para todos”.

En las finalidades de los movimientos de la renovación de la enseñanza de las ciencias anteriores encontramos el término **“alfabetización científica”**, pero parece que es en la década de los 90 cuando este slogan aglutina a algunos pensadores e investigadores de la enseñanza de las ciencias.. Este movimiento parece que toma el testigo de los anteriores y emerge recogiendo su declaración general de principios e, incluso, las críticas recibidas por ellos. Son varios los autores (Aguilar, 1999; Hurd, 1998) que señalan la importancia de la concepción CTS en esta nueva corriente. En cuanto a sus finalidades:

- La cultura científica representa *la adquisición de las capacidades cognitivas necesarias para utilizar la información científica-tecnológica en los asuntos humanos y para el progreso social y económico* (Hurd, 1998)
- *Generalmente se refiere a la comprensión de conceptos, principios, teorías y procesos de la ciencia y una clara conciencia de las complejas relaciones existentes entre ciencia, tecnología y sociedad. Una persona alfabetizada científicamente debe también desarrollar una comprensión funcional de la naturaleza de la ciencia* (Abd-el-Khalick, Bell y Lederman, 1998)
- *[...] pretende dotar a los alumnos de elementos para la comprensión intencionada del contexto científico-técnico en el que nos encontramos, ya que partimos de que no es suficiente conocer, sino que necesitamos comprender de una manera adecuada para poder actuar* (Aguilar, 1999).
- *Es necesaria una alfabetización científica para lograr una educación de la ciudadanía, que significa que la población sea capaz de comprender, interpretar y actuar sobre la sociedad, es decir, de participar activa y responsablemente sobre los problemas del mundo, con la conciencia de que es posible cambiar “algo”, y que no todo está determinado desde un punto de vista biológico, económico y tecnológico* (Martín-Díaz, 2001).

Observamos que son distintas las capacidades que se intenta que los alumnos logren como consecuencia de su alfabetización científica que podemos condensar en los verbos conocer, comprender, interpretar, participar y actuar sobre la realidad social, que en realidad están determinando distintos niveles o competencias que puede alcanzar la alfabetización científica y que, como en casos anteriores reflejan, la disparidad en el significado del movimiento para distintos autores y, por tanto, la forma de llevarlo a cabo. Así lo recoge Marco (2000) que habla de un movimiento *disperso e indefinido*, pero en el que se podrían definir tres vertientes en la alfabetización:

- científica práctica para la vida diaria;
- científica cívica para participar con conocimiento de causa en decisiones sociales y políticas;
- científica cultural para conocer lo que son la ciencia y la tecnología y su papel en la sociedad.
- Una revisión por los contenidos propuestos por los distintos autores para alcanzar la deseada alfabetización científica nos lleva a resumirlos en:

- conceptos, principios y teorías incidiendo principalmente en su funcionalidad,
- procesos o procedimientos de la ciencia,
- naturaleza o epistemología de la ciencia, que merecería un apartado específico de análisis en esta memoria, pero que no realizamos por no alargarnos demasiado,
- relaciones ciencia-tecnología-sociedad
- dominio del lenguaje científico

Una corriente que está adquiriendo fuerza de este movimiento, a finales del siglo XX, es la que podríamos denominar “**Comprensión pública de la ciencia**”, que pone el énfasis principalmente en desentrañar qué conocimientos y opiniones tiene el público sobre la ciencia y en temas científicos y cuáles debería tener para ser considerado alfabetizado científico, o como indica Marco (2000) la comprensión pública de la ciencia es el primer objetivo de la alfabetización científica.

### 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Este breve recorrido por las grandes innovaciones intentadas en el campo de la enseñanza de las ciencias, desde la óptica de las finalidades elegida para su análisis, nos señala un gran número de coincidencias y nos empuja a la pregunta ¿Por qué surgen movimientos con grandes analogías aunque con diferencias de matiz o de desarrollo para tratar de responder a la problemática de la enseñanza las ciencias? Quizás porque como indica Claxton (1991), está se encuentra en una situación calamitosa o todos los intentos de reforma no han logrado sus objetivos finales (Hurd, 1998) y existe una preocupación por tratar de responder a las nuevas demandas sociales, que extienden la educación a todos los ciudadanos dentro de una sociedad cada vez más dirigida por los mandatos de la tecnología, que en muchas ocasiones responden a los intereses de poder de las clases más privilegiadas.

Aunque hay autores que defienden la distinta identidad de estos movimientos o que basan en la crítica de uno de ellos –en sus objetivos, contenidos y logros- la aparición de los demás; hay otros que defienden la conexión existente entre todos ellos. Entre los primeros encontramos, por ejemplo, a los críticos del movimiento CTS que consideran que en éste no se ha dado la importancia debida a la naturaleza de la ciencia (Rosenthal, 1998); o que ha sido poco radical en sus planteamientos (Jenkins, 2000) o demasiado radical (Harding y Hare, 2000) o que no ha incluido explícitamente los aspectos morales y éticos inmanentes en estas relaciones (Zeidler, Walker, Ackett y Simmons, 2002) o que no ha habido consenso en su significado y proyección en la práctica de las aulas. Entre los segundos, Marco (2000) indica que *no cabe duda que los enfoques y proyectos CTS ..... están contribuyendo directamente a la alfabetización científica de la futura ciudadanía*. Aikenhead (2002) señala que uno de los grandes, Fensham, contribuyó a la génesis y evolución de CTS y ahora participa en su transformación en el logro de la *alfabetización científica para todos los estudiantes*; y Hurd (1998) dice que *el movimiento CTS proporciona una marco para inventar los currículos escolares y hacerlos relevantes a la vida diaria de los estudiantes*. Nosotros somos partícipes de la opinión de estos últimos desde la óptica de estudio que estamos realizando, aunque no, por ello, desdeñamos las diferencias existentes. Efectivamente si comparamos estos tres movimientos vemos una alta similitud en:

- sus objetivos generales, el principal es lograr una ciudadanía que participe democráticamente en la sociedad mediante opiniones fundamentadas y argumentadas, decisiones responsables y acciones personales y colectivas;
- sus contenidos –todas incluyen hechos, conceptos y teorías científicas, procesos o procedimientos de la ciencia, naturaleza o epistemología de la ciencia; aspectos sociales de la ciencia y de la tecnología, etc;
- aunque con ello no queramos minimizar las diferencias existentes entre ellos e, incluso, dentro de cada movimiento.

Pero estos movimientos, que para algunos autores son distintos y para nosotros son principalmente intentos parecidos en la búsqueda de soluciones de un problema, ¿han alcanzado o logrado sus objetivos? ¿Ha mejorado la enseñanza de las ciencias en la últimas décadas en la práctica de las aulas? ¿Se ha conseguido una ciudadanía más culta? ¿O sólo se han conseguido verter ríos de papel que se leen en círculos restringidos y que sirven para la promoción personal de quien los escribe?

Hay quien proclama que los cambios sociales son lentos y, por ende, también lo son los educativos, que se han ido introducido pequeños cambios paulatinos, que se seguirán haciendo y que a largo plazo se irán viendo los frutos. Ante los demoledores informes del HMI (Alta inspección de Inglaterra) a finales de la década de los 70 sobre la situación de la enseñanza de las ciencias, Reid y Hodson (1987) reclaman un poco de optimismo basado en los logros que se han alcanzado en algunas escuelas gracias al *tiempo, experiencia y dedicación de muchos profesores*, ya que además *rechazar este progreso con una descalificación general de lo que hay sería ignorante, descortés y además contraproducente*. En 1991, Claxton sigue encontrando desastrosa la enseñanza de las ciencias y algunos autores señalan que todos los intentos de reforma fallan en lograr sus metas originales, aunque en la década de los 80, Fensham sostenía que se habían producido los suficientes cambios sociales para apoyar cambios fundamentales en los currículos de ciencias.

Nuestra opinión es qué se van produciendo ligeros cambios porque la realidad social cambia y exige reajustes, y porque los currículos oficiales, en muchas ocasiones, recogen los cambios demandados por la investigación en la enseñanza de las ciencias, como ocurrió en España con la LOGSE (Ley orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo); pero que la distancia enorme existente entre las ideas recogidas en las publicaciones al respecto y el profesorado, artífice real de los cambios en las aulas, impide que los cambios tengan lugar con la intensidad, eficacia o rapidez que parecen deseables y hace que, en ocasiones, el esfuerzo y el dinero invertidos en la investigación sobre la ciencia escolar parezcan inútiles.

La pregunta que se impone es, por tanto, ¿cuáles son las causas de esta distancia entre la investigación en didáctica de las ciencias y el profesorado? Desde nuestro punto de vista se pueden apuntar:

### ***La concepción del público sobre el papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad y su posible participación ciudadana***

En la preocupación por dar una alfabetización científica para toda la ciudadanía, son numerosos los autores (Fensham y Harlen, 1999; Jenkins, 1999; Croos y Price, 2000; Tytler, Duggam y Gott; 2001) que han indicado que es preciso analizar la relación entre la educación en la escuela y la comprensión pública

de la ciencia o, dicho de otro modo, la interacción entre la sociedad y la ciencia, interacción que es de alta la complejidad. Así, Jenkins (1999) pone el énfasis en distintas dificultades, entre las que se encuentran la poca clarividencia y conciencia existentes en el público para ver las implicaciones de tener conocimientos científicos sobre la vida cotidiana, bien porque no se presentan en la forma en que se usan, no son accesibles o no son del dominio público por interés político o científico -muchas de las cuestiones científicas que llegan a la población y a está le preocupan, son controvertidas y están en el corazón de decisiones políticas del gobierno-; la noción de riesgo presente en los ciudadanos es variable, aunque éstos entienden que el riesgo cero (absoluta seguridad) no existe; etc. En esta misma línea, Croos y Price (2000) señalan la baja motivación del público para prestar atención a cuestiones controvertidas, de tal forma que prefiere dejar las decisiones en manos de los expertos, con lo que ello supone de peligro para la democracia; y Tytler, Duggam y Gott (2001), consideran que la mayoría de las veces los ciudadanos interactúan con la ciencia en situaciones que necesitan toma de decisiones basadas en la evidencia (mayor o menor grado de confirmación científica) y que aprender a tratar cuestiones sobre la evidencia es de importancia crítica para la sociedad, ya que ésta puede actuar de formas diferentes con la evidencia científica: ignorarla, contrastarla con el sentido común y la experiencia, desprestigiarla, etc.

### **El diseño de los currículos**

Son numerosos los autores que consideran que una de las principales causas del fracaso de los movimientos de innovación en la enseñanza de las ciencias se encuentra en que los currículos oficiales no recogen apropiadamente los últimos descubrimientos de la investigación educativa. Así por ejemplo, Hurd (1998), en una postura muy crítica defiende que durante siglos la mejora de los currículos escolares ha consistido en una actualización de las disciplinas científicas, que los currículos llevados a la práctica son descriptivos y focalizados en las leyes, teorías y conceptos de las distintas disciplinas, que durante el último siglo se ha dicho que los currículos deben responder a las necesidades de los estudiantes, pero que todavía no se han definido estas necesidades en términos educativos. También hay quien indica que estos currículos están repletos de los contenidos y objetivos "académicos de siempre" y no hay tiempo en las aulas para introducir los nuevos contenidos para el desarrollo de las nuevas capacidades buscadas.

Quizás, además de los intereses por conservar los currículos académicos, tal y como apuntan Fensham y Harlen (1999), existe una dificultad real en la concreción de los grandes principios en objetivos y contenidos específicos. Aunque Jenkins (1999) da algunas sugerencias:

- a) la educación científica debe dar menos importancia a los principios físicos, químicos y biológicos establecidos y centrar su interés en cuestiones donde la ciencia es menos segura y más controvertida
- b) la necesidad de repensar el papel de la ciencia en la educación científica ya que la ciencia no tiene soluciones para todo y reconocer las limitaciones de la ciencia no es desvalorizarla sino abrir la puerta a una comprensión de la naturaleza de una actividad altamente creativa e imaginativa,

Estas sugerencias nos llevarían a una selección de dichos principios, tarea nada fácil y en la que habría gran controversia; a la búsqueda de la funcionalidad de dichos contenidos en la vida cotidiana y social y a la concatenación de estos contenidos más disciplinares con los de mayor incidencia social o con

los de la naturaleza de la ciencia. Posiblemente, por esta razón, estos movimientos den lugar a tan alta variedad de corrientes e interpretaciones a la hora de llevar a las aulas la declaración de principios generales. Jenkins (1999) sugiere que el logro de una alfabetización científica para la ciudadanía requeriría más que la reforma de los currículos de ciencia escolares, aunque su importancia no debe ser desestimada. Lanza una idea que nosotros consideramos que merece ser objeto de reflexión: el público conoce la ciencia que la comunidad científica piensa que debe ser conocida.

En España tenemos una experiencia cercana con la LOGSE, donde los currículos de ciencias de la naturaleza recogían muchas de las innovaciones que acabamos de señalar, como por ejemplo, desarrollo de capacidades dirigidas al logro de la alfabetización científica, importancia de los procedimientos de la ciencia o inclusión de contenidos CTS (Martín-Díaz y Bacas, 1996). Después de una década de desarrollo de esta Ley Orgánica ¿Cuál ha sido su incidencia real en las aulas? Nosotros creemos que no todo lo positiva que hubiésemos deseado (Martín-Díaz, et al., 2002; Nieda et al., en prensa), pero cuando parecía que el profesorado había comenzado a conceder importancia a cuestiones, como los distintos tipos de contenidos, la LOCE (Ley Orgánica de Calidad de la Educación) supone un gran retroceso en los aspectos que están siendo objeto de análisis en este artículo (AA.VV., 2002; AA.VV., 2003)

### **La necesidad de evaluación externa**

La evaluación es la parte del proceso de enseñanza-aprendizaje que dirige éste, ya que sólo cuando en la evaluación estén integrados los cambios curriculares innovadores se podrán hacer efectivos éstos, ya que en ese momento el profesorado sentirá la necesidad real de hacerlos efectivos en su práctica cotidiana.

En esta línea, Fensham, y Harlen (1999) señalan que en los estudios de evaluación internacionales bajo la supervisión de International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) en principio se trataba de evaluar el conocimiento común presente en los currículos de los diferentes países, excluyendo las innovaciones que aparecían en unos pero no en otros; pero en la década de los 90 cuando apareció el Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) se creó un debate sobre lo que debía ser objeto de la evaluación y se definió lo que se denominó alfabetización científica y matemática que consideró junto a los conocimientos disciplinares anteriores los desarrollos históricos e impactos sociales y las actitudes; y posteriormente el razonamiento científico y los impactos sociales de la ciencia y de la tecnología. Este debate se plasmó en una realidad en la evaluación PISA (The Programme for International Student Assessment) que incluye los países de la OCDE en los años 2000, 2003 y 2006. Recientemente, Harlen (2001) ha publicado un artículo en el que habla del marco teórico para la evaluación de la alfabetización científica con la intención de darlo a conocer a los países participantes que deberán ajustar sus currículos a las competencias determinadas para lograr la alfabetización científica. Es decir, la evaluación externa es una nueva manera de orientar la enseñanza hacia las innovaciones e investigaciones didácticas. De esta misma opinión también se hacen partícipes otros autores (Martín-Díaz, et al., 2002; Nieda et al., en prensa), que después de llevar a cabo una evaluación del aprendizaje de los alumnos en el área de Ciencias de la Naturaleza en centros españoles consideran que algunas de las deficiencias halladas en los conocimientos de los alumnos, como por ejemplo baja funcionalidad del aprendizaje para explicar situaciones cotidianas, escasas habilidades en ciertos procesos de la ciencia, ..., pueden tener su causa en

una enseñanza que no ha recogido las principales innovaciones y que podrían ser subsanada con una evaluación externa con las características que señalan.

### **La formación inicial del profesorado**

En esta formación existe escasa o nula presencia de conocimientos sobre historia y filosofía de la ciencia, didáctica de las ciencias o psicología evolutiva. El profesorado hemos aprendido en un ambiente dominado por la lógica o estructura de la ciencia y por una concepción positivista de la misma y, consecuentemente, nos sentimos cómodos bajo estos parámetros. Cualquier cambio en los esquemas de referencia provoca inseguridad y no saber hacer, aspectos nada reconfortantes al enfrentarse a la práctica cotidiana. Según Claxton (1991), los enseñantes *...conocen las ciencias regladas demasiado bien, disfrutan de su familiaridad y de su limpio y ordenado despliegue y, como consecuencia, sienten aprensión ante la perspectiva de tener que apartarse del camino trillado para meterse en áreas más controvertidas o menos predecibles.*

Monk y Osborne (1996), en un artículo en que buscan discutir los argumentos que justifican que no se incorpore la historia de la ciencia y explorar las razones por las que este mensaje no llega al profesorado, dan como causas posibles del fracaso, primero las concepciones del profesorado sobre la ciencia y, por tanto, sobre la educación científica y, segundo, los imperativos del aula y de la práctica docente. Como consecuencia, indican que muchos proyectos, incluso elaborados por profesores no han triunfado. Textualmente. Dicen *“este fracaso puede ser debido al hecho de que muchos científicos y profesores de ciencia consideran que la historia de la ciencia no tiene nada que enseñar sobre los métodos de la investigación necesarios para convertirse en un científico experimental”*. Compartimos con estos últimos autores que las concepciones del profesorado sobre la ciencia y sobre la educación científica, sobre sus finalidades- son un punto de especial importancia en la consecución de los movimientos de innovación de la enseñanza de las ciencias (Artículo en preparación).

### **La formación continua del profesorado**

El problema no comienza y termina con la formación inicial del profesorado, sino que se proyecta en la manera de llevar a cabo la formación continua, que en la mayoría de las ocasiones se centra en cursos aislados que generalmente no potencian la reflexión de los profesores sobre su propia práctica cotidiana y, fundamentalmente, en la posibilidad de introducir modificaciones dentro de un plan general y con trabajo en equipo cooperativo. En este sentido, Furio et al. (2000) entre otros autores, indican la necesidad de una formación que no consista en la participación en cursos aislados, sino en un proceso prolongado en el tiempo de colaboración directa entre el profesorado y los expertos en didáctica de las ciencias; y la Unidad de didácticas de las ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona (2002) indican sugerencias muy atractivas que demandarían por parte de las Administraciones Educativas un cambio radical en su concepción estratificada del profesorado en función del nivel donde imparte clase y en la concepción de los requisitos y conocimientos que los profesores necesitan para llevar a cabo una educación de calidad. En realidad, existe una falta de políticas educativas que apuesten, apoyen y financien las innovaciones y las relaciones entre los investigadores y los profesores. Los profesores en España el medio que menos utilizan en su formación son las revistas sobre didáctica de las ciencias, con lo cual su información y formación en este ámbito son más bien escasas (Artículo en preparación).

### Los libros de texto

La importancia de los libros de texto en el proceso educativo desde nuestra experiencia es indiscutible (AA.VV., 1997). El profesorado considera esta decisión dentro de su labor como fundamental, porque una vez elegido deposita en él un alto grado de confianza; pero los libros de texto en escasas ocasiones apuestan por las innovaciones porque, sobre todo, las grandes editoriales siguen manteniendo ciertas ideas del pasado porque consideran que de esta forma aseguran la aceptación del profesorado y con ello sus beneficios económicos. Además, los escasos materiales curriculares alternativos, que muestran la forma de llevar a cabo las investigaciones e innovaciones educativas, no cuentan con el apoyo necesario. Como botón de muestra sirve lo ocurrido con el Proyecto Salters en España (Caamaño et al., 2001), que después de cinco años de estar terminado y experimentado no ha conseguido ninguna editorial que lo publique, aunque un número no desdeñable de profesores ha mostrado su interés, interés reconocido por alguna editorial, que observó que el proyecto podía tener salida al mercado como libro de consulta para los profesores pero no como libro de texto para el alumno.

Estas son las posibles causas que, desde nuestra óptica, podrían explicar el desfase existente entre la investigación e innovación educativas y la realidad cotidiana de las aulas, pero nos hemos sentido tentados a preguntar a expertos en didáctica de las ciencias y a profesores innovadores por su opinión al respecto junto con las sugerencias para tratar de superar esta situación. El análisis de sus respuestas queremos que sea objeto de un artículo que consideramos la continuación y segunda parte de éste.

### BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV., (1995), La educación ciencia-tecnología-sociedad, Monográfico, *Alambique*, 3, 4-69.
- AA.VV., (1997), Los libros de texto, Monográfico, *Alambique*, 11, 5-87.
- AA.VV., 2002, Ciencias en la ESO y Contrarreforma, Monográfico, *Alambique*, 33, 5-97.
- AA.VV., 2003, Las ciencias en el bachillerato, Monográfico, *Alambique*, 36, 5-111.
- ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.L. Y LEDERMAN, N.G., (1998), "The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural", *Science Education*, 417- 436.
- AIKENHEAD, G.S., (1994), "What is STS science teaching?", en J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*, pp. 47-59. New York, Teachers College Press.
- AIKENHEAD, G.S. (2002), "STS Education: A Rose by Any Other Name", en R. Cross (Ed.): *Crusader for Science Education: Celebrating and Critiquing the Vision of Peter J. Fensham*. New York, Routledge Press
- .AGUILAR, T., (1999), *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*, Madrid, Narcea.
- AUSUBEL, D.P. (1968), *Educational Psychology: A cognitive view*, New York, Holt and Rinehart. Traducción castellana en 1982, *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, México, Trillas.
- BYBEE, R.W. (Ed.), (1985), *Science-technology-society*, NSTA Yearbook, Washington, DC, National Science Teachers Association.
- CAAMAÑO, A; GÓMEZ CRESPO, M.A.; GUTIÉRREZ JULIÁN, M.S; LLOPIS, R. Y MARTÍN-DÍAZ, M.J., (2001), "El Proyecto Química Salters: un enfoque ciencia, tecnología, sociedad para la química del

- bachillerato”, en *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia/Tecnología/Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, Madrid, Narcea.
- CLAXTON, G. (1991), *Educating the enquiring mind*, Traducción castellana en 1994, *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid, Visor distribuciones.
- CROSS, R.T. AND PRICE, R.F., (1999), “The social responsibility of science and public understanding of science”, *International Journal of Science Education*, 21 (7), 775-785.
- CUTCLIFFE, S. H., (1990), “Ciencia, Tecnología y Sociedad: un campo disciplinar”, en Medina y Sanmartín (Eds.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Universidad del País Vasco, Antrhopos,
- DES (Department of Education and Science), (1977), *Currículo 11-16*, Londres, HMSO.
- DUSCHL, RA., (1990), *Restructuring science education. The importance of theories and their development*, Columbia University, Teachers College. Traducción castellano en 1997, *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*, Madrid: Narcea.
- FENSHAM, P.J. and HARLEN, W., (1999), “School science and public understanding of science”, *International Journal of Science Education*, 21 (7), 755-763.
- FURÍO, C., VILCHES, A., GUIASOLA, J. y ROMO, V., (2000), “Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?”, *Enseñanza de las ciencias*, 19 (3), 365-376.
- GALLAGHER, J.J., (1971), A broader base for science education, *Science Education*, 329-338.
- HARLEN, W., (2001), “The assessment of scientific literacy in the OCDE/PISA Project”, *Studies in Science Education*, 36, 79-104.
- HARDING, P., and HARE, W., (2000), “Portraing science accurately in classrooms: Emphasizing open-mindedness rather than relativism”, *Journal of research in science teaching*, 37, 225-236.
- HODSON, D., (1985), “Philosophy of science, science and science education”, *Studies in science education*, 12, 25-37.
- HURD, P.D., (1975), “Science, technology and society: New goals for interdisciplinary science teaching”, *The Science Teacher*, 42, 27-30.
- HURD, P.D., (1998), “Scientific literacy: New minds for a changing world”, *Science Education*, 407- 416.
- JENKINS, E.W., (1999), “School science, citizenship and public understanding of science”, *International Journal of Science Education*, 21 (7), 703-710.
- JENKINS, E.W., (2000), “Science for all: Time for a paradigm shift?”, In R. Millar, J. Leach and J. Osborne (Eds.) *Improving science education: The contribution of research*. Buckingham, , pp. 207-226, UK, Open University
- MARCO, B., (2000), “La alfabetización científica” en Perales Palacios y Cañal de León (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales*, Alcoy, Marfil.

- MARTÍN-DÍAZ, M.J. y BACAS P. (1996), El currículo actual en ciencias y la incorporación de nuevos temas, *Alambique*, 10, 11-22.
- MARTÍN-DÍAZ, M.J. (2001), "Enseñanza de las ciencias ¿para qué?", *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2.
- MARTÍN-DÍAZ, M.J., NEDA, J. y CAÑAS, A., (2002), "El aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza", en Marchesi y Martín, (Eds), *Evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria*, Madrid, S.M:
- MEMBIELA, P., (ed.), (2002), "Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia/Tecnología/Sociedad. Formación científica para la ciudadanía", Madrid: Narcea.
- MONK, M. and OSBORNE, J., (1997), "Placing the history and philosophy science on the curriculum: a model for the development of pedagogy", *Science Education*, 405- 424.
- NIEDA, J., CAÑAS, A. y MARTÍN-DÍAZ, M.J., (en prensa), *Actividades para evaluar las Ciencias en secundaria*, Madrid, Visor-Cátedra UNESCO.
- REID, D. J. and HODSON, D., (1987), *Science for all*, Londres, Cassell, Traducción castellana en 1993, *Ciencia para todos en secundaria*, Madrid, Narcea.
- ROYAL SOCIETY, (1985), *The public understanding in science*, Londres, Royal Society.
- SOLBES, J. y VILCHES, A., (1997), "STS interactions and the teaching of physics and chemistry", *Science Education*, 84, 377-386.
- TYTLER, R.; DUGGAM, S. and GOTT, R.; (2001), "Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education", *International Journal of Science Education*, 23 (8), 815-832.
- UNIDAD DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS-UAB, (2002), "Conectar la investigación y la acción: el reto de la enseñanza", *Alambique*, 34, 17-29.
- WAKS, L.J. (1990), "Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales", en Medina y Sanmartín (eds), *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Estudios interdisciplinarios en la Universidad, en la educación y en la gestión pública*, Universidad del País Vasco, Anthropos.
- YOUNG, M.F.D., (1976), "The schooling of science", en Whitty y Young, *Explorations in the politics of school knowledge*, Driffield: Nafferton Books.
- ZEIDLER, D.L., WALKER K.A., ACKETT W.A. and SIMMONS, M.L., (2002), "Tangled Up in views: beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas", *Science Education*, 343- 357.
- ZIMAN, J., (1980), *Teaching and learning about science and society*, Cambridge, Cambridge University Press.

**Contactar**

**Revista Iberoamericana de Educación**

**Principal OEI**