



Revista Eureka sobre Enseñanza y

Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la

Ciencia: EUREKA

España

Fernández-González, Manuel

Ciencias para el mundo contemporáneo. Algunas reflexiones didácticas

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 5, núm. 2, abril, 2008, pp. 185-
199

Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA

Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92050204>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO. ALGUNAS REFLEXIONES DIDÁCTICAS

Manuel Fernández-González

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.
Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada (España).
mfgfaber@ugr.es

[Recibido en Enero de 2008, aceptado en Marzo de 2008]

RESUMEN([Inglés](#))

La irrupción de una nueva materia de bachillerato en respuesta a la situación de deterioro de la educación científica es objeto de estudio. Trata de ofrecer al alumno una temática sugestiva, extraída de su entorno y centrada en problemas sociales de transfondo científico. Las corrientes didácticas que la conforman son particularmente la orientación CTS y el enfoque de alfabetización científica, todo ello dentro del marco constructivista. La asignatura, con relación a las habituales de ciencias, supone un cambio de planteamientos que no es sólo de contenidos sino también de metodología. El profesor habrá de asumir, pues, algo a lo que, en general, no está acostumbrado. Sus objeciones más frecuentes son por último comentadas.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias; profesorado de ciencias; alfabetización científica; CTS; ciencia contextual; naturaleza de la ciencia.

INTRODUCCIÓN

Larvada en las décadas anteriores, es en los años 80 cuando comienzan a hacerse evidentes los síntomas de una crisis en la enseñanza de las ciencias, manifestada por la repulsa hacia las disciplinas científicas de un creciente número de estudiantes, con la consiguiente huída a otras áreas (p.ej. Nielsen y Thomsen, 1985-88). Desde entonces, y pese a encomiables esfuerzos realizados en la búsqueda de soluciones, la situación se ha ido deteriorando. A este respecto es significativo el elevado número de alumnos que rechaza o abandona los estudios científicos ya desde la enseñanza media, donde encontramos las clases de ciencias cada vez más despobladas. En España hoy día se constata un 25% menos de alumnos universitarios de ciencias que en el año 2000, sobran plazas en casi todas las facultades y la nota de acceso roza el 5.

Se trata de una tendencia mundial que se agudiza año tras año, hasta tal punto que organismos como la Comisión Europea ha alertado en un reciente informe (Rocard et

al., 2008) sobre el “peligro capital para el futuro de Europa” que supone la disminución de jóvenes que estudian ciencias.

¿Por qué el estudio de la ciencia no resulta atractivo para muchos alumnos? Buena parte de la responsabilidad recae en el planteamiento que mantiene su enseñanza, que sigue mostrando la mayor parte de las veces:

- 1) Una imagen de ciencia centrada en sí misma, académica y formalista (Léna, 1999).
- 2) Una falta de conexión de lo que se enseña con la ciencia que está presente en el mundo cotidiano o con la ciencia no formal de los medios de comunicación (De Pro y Ezquerra, 2005).
- 3) Una ciencia que no atiende (o muy poco) a aspectos epistemológicos básicos: ¿qué es propiamente la ciencia? ¿cómo se elabora? (Hipkins, Baker y Bolstad, 2005).

ALGUNOS EJEMPLOS

Vamos a ilustrar estos tres puntos con varios ejemplos.

1) Ciencia académica y formalista. Cuando un alumno comienza nuestro bachillerato de ciencias el primer tema con el que se encuentra es el de cinemática vectorial, constituido por una tupida red de términos de alto nivel formal (vector posición, desplazamiento, velocidad media, velocidad instantánea, aceleración media, aceleración instantánea, componentes intrínsecas, etc.), que, además, crecen por desdoblamiento de la magnitud vectorial y su módulo (vector velocidad frente a celeridad / rapidez; desplazamiento frente a espacio sobre la trayectoria). Paradójicamente algunas de estas nociones, una vez propuestas, son ignoradas sin la más mínima aplicación posterior (Fernández y Ureña, 2002). El movimiento uniforme (el más sencillo) es definido como “aquel en el que el vector velocidad es constante” (en el mejor de los casos), o “aquel en el que las componentes intrínsecas de la aceleración son nulas” (en el peor). La situación se complica aún más por el empleo de un formalismo matemático desmesurado que oculta los significados conceptuales (Monk, 1994).

Esta entrada en la rama de ciencias no es desde luego la más idónea para animar al alumno a seguir en ella.

2a) Falta de conexión con lo cotidiano. Muchos de los objetos que nos rodean poseen unos fundamentos científicos y una función tecnológica que desconocemos. Así cuando en clase hablamos de la bomba de vacío, nadie la asocia a la aspiradora que tenemos en casa. Otras veces, ocurre que no sabemos interpretar informaciones de la vida diaria, como aquellos alumnos que en una encuesta escolar interpretan mayoritariamente los “12º” que ven en la etiqueta de un vino como grados de temperatura (Rubio, 2003:36).

2b) Falta de conexión con las noticias de los medios. Un gran número de estas informaciones tratan de problemas ciudadanos de base científica evidente. No hace mucho tiempo saltó la noticia que en un pueblo granadino (Los Villares, agosto 2007) sus habitantes habían votado la instalación de una antena repetidora de telefonía

móvil, resultando rechazada la propuesta. Uno de los argumentos esgrimidos era que la antena producía "mucho radiactividad". De acuerdo que puede ser una respuesta de personas que no han podido tener una mejor formación, pero ¿qué hubieran dicho en las mismas circunstancias nuestros alumnos, esos a los que enseñamos tantos vectores?

Es por ello muy conveniente promover una cultura científica básica para que los alumnos "como futuros ciudadanos" sepan elegir sus opciones con más propiedad (Aikenhead, 1985; Gil y Vilchez, 2005).

3) Poca atención a aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia. Con frecuencia las informaciones que recibimos relacionadas con la ciencia arrastran aspectos epistemológicos importantes. Por ejemplo, hemos visto aparecer en TV el anuncio de un determinado producto lácteo con el siguiente slogan: "Está científicamente probado que XX reduce el colesterol". Ante esto, lo inmediato es preguntarse ¿qué significa probar científicamente? y ¿cómo puede haberse hecho en el caso del producto XX? Pero por desgracia, la ausencia de formación epistemológica en los ámbitos educativos (Lakin y Wellington, 1994; Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007) impide tener una visión clara de cuestiones tan fundamentales.

UNA NUEVA ASIGNATURA

Es evidente que los rasgos anteriormente citados no contribuyen a hacer la ciencia atractiva entre los jóvenes estudiantes. El resultado es una pérdida de interés hacia algo que se ve difícil, arbitrario y poco relacionado con la realidad, percepción particularmente grave si consideramos el papel primordial que juegan ciencia y tecnología en la sociedad de nuestros días. Ante estos hechos las alarmas se han disparado y por ello desde hace alguna década se insiste en la necesidad de una cultura científica o de una "alfabetización científica" como objetivo educativo fundamental (AAAS, 1993; Fourez, 1995).

¿Cómo emprender un proyecto de alfabetización científica que incluya, por definición, a todos los alumnos? ¿Cómo llevar a la práctica estas ideas? ¿Qué ofrecer a alumnos que en su inmensa mayoría van a ser consumidores de conocimiento científico y nunca productores? En respuesta al problema diversos países han promovido estrategias de enseñanza de las ciencias bajo los auspicios de una asignatura que ha sido incorporada a los currícula oficiales. Su nombre: "Science for Public Understanding" (SPU) en Gran Bretaña, "Enseignement scientifique, série littéraire" en Francia, o "Ciencias para el mundo contemporáneo" en España (v. Anexo 1), por citar sólo los países de nuestro entorno próximo (Pedrinacci, 2006).

Está dirigida a cualquier alumno, "de ciencias" o "de letras", independientemente de que curse además las asignaturas habituales, más especializadas. En Gran Bretaña y España es obligatoria para todos y se estudia en el "A/AS level" y en el 1º de bachillerato, respectivamente. En Francia, en cambio, es obligatoria sólo para alumnos "de letras" y está incluida en "Première" (séries L y ES). Todos estos cursos son de secundaria avanzada, con lo que la edad de los alumnos es de 16-17 años.

Entre los objetivos comunes más significativos se encuentran:

- Desarrollar una cultura científica para la participación ciudadana a través de cuestiones cotidianas y de repercusión social.
- Conocer mejor el mundo y los grandes debates de la sociedad que conciernen a la ciencia, la tecnología y el medioambiente.

En cuanto a los contenidos (Nuffield Foundation, 2007; Ministère de l'Éducation, 2000 y 2006; M.E.C., 2007), suelen girar en torno a problemas que aparecen con frecuencia en los medios de comunicación (p.ej. "Tabaco y cáncer"), incluidos procesos y objetos cotidianos (p.ej. "Conservación de alimentos", "Detergentes"). Se presentan de manera que no exijan un conocimiento científico profundo, lo que no está reñido con el rigor, y han de proporcionar oportunidad para aplicar leyes y teorías (p.ej. "La exploración espacial"), poner en práctica los métodos de la ciencia (p.ej. "El control en medicamentos") y establecer relaciones con la tecnología y la sociedad (p.ej. "Qué hacer con los residuos"). Deben, además, ser abiertos para que inviten a buscar información y permitir el debate (p.ej. "Alimentos transgénicos").

La evaluación viene sugerida por las características del curso. Ha de estar diseñada de tal modo que el alumno pueda, entre otras cosas, transmitir su visión de problemas contemporáneos, demostrar su cultura científica en la interpretación de documentos e informaciones, distinguir información científica de no científica, analizar problemas de ciencia, tecnología y medioambiente, y valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de los mismos.

¿Cuál es, en resumen, la filosofía de la nueva asignatura? Como vemos, la asignatura trata de apartarse de la visión académica de la ciencia y se esfuerza en adoptar una imagen más atractiva para los estudiantes, proponiéndoles planteamientos inductivos que se apoyan en su entorno próximo. El aprendizaje se centra, pues, en cuestiones relacionadas con el impacto de la ciencia en nuestras vidas y, en consecuencia, se les presentará situaciones que tendrán que estudiar, comprender, complementar, e incluso evaluar en sus distintas propuestas.

No hay duda que la implantación de un enfoque coherente con la idea de alfabetización científica no puede hacerse sin cambios didácticos importantes, que afectan a los elementos curriculares y a la dinámica del aula (Cañal, 2006).

BASES DIDÁCTICAS

¿Cuales son los soportes didácticos de la nueva asignatura? En primer lugar hay que señalar que el desarrollo de la materia se hace más o menos explícitamente dentro del marco constructivista, siguiendo el enfoque de aprendizaje por investigación y resolución de problemas (Gil, 1993).

En particular varias corrientes didácticas, con puntos de encuentro reconocidos pero de origen e ideas directrices diferentes, confluyen y modelan la filosofía de base de la asignatura. Nos referimos a:

- La orientación CTS, que se interesa en poner de relieve las repercusiones sociales de la ciencia y la tecnología, incorporando los problemas

medioambientales (CTSA) e insistiendo en la idea de desarrollo sostenible (Membela, 2001).

- La alfabetización científica, enfoque emergente que reivindica para la ciencia un puesto de primer orden en la cultura general de los ciudadanos, para así capacitarlos a tomar decisiones sobre problemas relacionados con la misma (Marco, 2000).
- La metodología de ciencia contextual o ciencia cotidiana, que enfatiza la conexión teoría-realidad, es decir, la conexión de la ciencia con objetos y fenómenos de la vida corriente (Caamaño, 2005).
- La atención a cuestiones epistemológicas, en especial la naturaleza de la ciencia y el modo de actuar de los científicos (McComas, 1998).

Estas corrientes están ya presentes en la enseñanza renovada de las ciencias, si bien es verdad que a veces su papel ha estado subordinado al núcleo duro de contenidos. En otras ocasiones, en cambio, han tenido protagonismo individual, como el Project 2061 (alfabetización científica) en EE.UU. (AAAS, 1993), el proyecto SATIS (CTS) en el Reino Unido, o en nuestro país las asignaturas “Ciencia, Tecnología y Sociedad” y “Métodos de la Ciencia”, optativas de secundaria obligatoria.

Pero el caso que nos ocupa supone un paso adelante de mucha consideración en el camino iniciado. La novedad reside en una estrecha integración, avalada por el currículum oficial, de los enfoques metodológicos citados.

Es el espíritu de la alfabetización científica el que impregna la asignatura. En consecuencia, destaca particularmente las relaciones CTSA e insiste en la necesidad de una “ciencia para todos” (Reid y Hodson, 1993). Al mismo tiempo, da sentido propio a la educación secundaria, concebida inadecuadamente hasta ahora (especialmente en su última etapa) como educación propedéutica y encaminada a formar especialistas disciplinares (Acevedo, 2004). Este planteamiento, centrado en los aspectos conceptuales, es criticable incluso en la preparación de futuros científicos (Gil y Vilchez, 2001). Lo que aquí se pretende es que los alumnos adquieran en secundaria una cultura científica final, pensando en aquellos, muy numerosos, que no prosiguen a continuación sus estudios o al menos los estudios científicos.

La idea de alfabetización científica va indisolublemente ligada a la de “formación ciudadana”, pues conlleva un objetivo primordial que es el de preparar a los futuros ciudadanos para tomar parte en debates sobre cuestiones sociales de relevancia científica. Esta idea, antes poco atendida, ahora se explicita, se concreta y se refuerza como finalidad esencial.

EL CAMBIO DE PLANTEAMIENTOS

El planteamiento de la nueva asignatura supone un giro radical en relación al de las asignaturas de ciencias habituales. Las dimensiones del cambio se hacen más ostensibles por contraposición a los rasgos propios de la enseñanza tradicional de las ciencias.

1.- Punto de vista metodológico.

Se pasa de una ciencia que, utilizando una metodología deductiva, parte de leyes y principios y desciende – si lo hace – a alguna parcela de la realidad, a una ciencia de corte inductivo que parte de problemas concretos (cuestiones cotidianas y de repercusión social) y, a través de ellos, selecciona los contenidos teóricos indispensables para su estudio.

Aquí está implícita la metodología de ciencia contextual que pretende acercar la teoría a la realidad, el libro de texto a lo cotidiano. Propugna llegar, siguiendo el hilo explicativo, a las leyes y teorías de la ciencia partiendo de algún objeto o fenómeno de la vida corriente en las que están implicadas (p.ej. Si queremos introducir el concepto de presión osmótica, comenzamos preguntando *¿Por qué el agua de mar no sirve para beber?*).

Aquí también está ejerciendo su influencia la metodología CTSA, que en base a alguna cuestión de repercusión social en la que está implicada la ciencia y la tecnología (p.ej. *¿Qué problemas tienen las desaladoras?*), moviliza una serie de contenidos científicos, tecnológicos y medioambientales en orden a comprender la cuestión propuesta y valorar sus posibles soluciones.

Aquí, en definitiva, se hace notar la metodología constructivista basada en la investigación y la resolución de problemas. Una tal metodología no concibe el currículo como un conjunto de saberes y habilidades, sino como el programa de actividades a través de las cuales dichos saberes y habilidades pueden ser construidos y adquiridos (Driver y Oldham, 1986).

Es obvio que la pregunta que con frecuencia surge en clase “*¿Y esto para qué?*” deja de tener sentido en este contexto.

2.- Punto de vista temático

Se pasa de una ciencia que estudia contenidos académicos (p.ej. “El vector aceleración media”), a una ciencia que estudia objetos y fenómenos del mundo en que vivimos y problemas acuciantes de la sociedad que conciernen a la ciencia, la tecnología y el medioambiente (p.ej. “La pérdida de biodiversidad”).

En nuestro entorno próximo encontramos objetos y aparatos de alta tecnología (TV, horno microondas, fotocopiadora, GPS, aire acondicionado, teléfono móvil, etc.), que es conveniente entender aunque sea a nivel elemental. En un ámbito más global, vivimos en una sociedad sometida a cambios científico-tecnológicos profundos donde surgen con frecuencia problemas ambientales (p.ej. “El cambio climático”), que, por otra parte, pueden ser corregidos desde la propia ciencia. Esta temática reclama en nuestros tiempos un lugar preferente en la formación de los jóvenes (Acevedo, 1997). Tanto un caso como otro caen dentro del círculo de cuestiones y problemas de los que trata la alfabetización científica.

Un interrogante que suele presentarse al hablar de alfabetización científica es la falta de concreción acerca de los elementos que han de constituirla. Pero, en consecuencia con lo dicho antes, si la alfabetización científica se entiende en sentido amplio, la estrategia a seguir consiste entonces en seleccionar primero fenómenos cotidianos y

problemas de repercusión global y, a partir de ellos, entresacar los elementos mínimos para abordarlos.

3.- Punto de vista epistemológico.

Se pasa de una ciencia que no se detiene en considerar aspectos que rebasan la pura ciencia, a otra que incluye cuestiones sobre cuál es su naturaleza y cómo se elabora.

El desarrollo de la asignatura exige que el estudiante tenga que juzgar la fiabilidad de determinadas informaciones o la calidad científica de alguna encuesta, operaciones todas ellas de interés para su formación académica y ciudadana (Acevedo et al., 2005). Es entonces imprescindible que conozca cómo se organiza una investigación, cuáles son las operaciones típicas del quehacer científico y cómo valorar la calidad científica de una explicación (Chalmers, 1992; Dixon, 1989).

Veamos un ejemplo. Antes, a propósito del anuncio “Está científicamente probado que XX reduce el colesterol” se ha quedado una pregunta en el aire: ¿Qué significa probar científicamente? Para dar una respuesta fundamentada es preciso que la ciencia transmitida tome en consideración estas cuestiones. Así, el estudiante sabrá que el diseño básico de una investigación semejante incluye, entre otras cosas, elegir una muestra experimental y compararla con otra de control, conocer las características que han de reunir las muestras (p.ej. el número de individuos), realizar pruebas iniciales y finales, cuidar el control de variables (p.ej. que mantengan la dieta habitual) y saber el significado de los estadísticos utilizados en el tratamiento de los datos.

OBJECIONES

Los nuevos planteamientos han sido objeto de discusión en ámbitos escolares y muchos profesores han mostrado su inquietud sobre las consecuencias de determinados aspectos implicados. Pasamos a comentar alguna de las objeciones que con más frecuencia han llegado hasta nosotros.

“El programa tiene poco nivel” / “Es muy de letras”

Muchos profesores, acostumbrados a una ciencia disciplinar (Banet, 2007), ven con recelo la asignatura. Repasando la temática no encuentran epígrafes como “Dinámica del punto material”, “Equilibrio químico” o “Inducción electromagnética”. Sí, en cambio, dejan sentir su presencia otros menos familiares, desligados entre sí, y salpicados de elementos humanísticos de tipo ético, sociológico, económico y epistemológico.

Pero estos datos, juzgados como poco convenientes, no hay duda que son positivos en el contexto de una asignatura dirigida a hacer atractiva la ciencia a alumnos “de letras” (y “de ciencias” también), con experiencia negativa acumulada a causa del academicismo de la enseñanza recibida.

Por lo que respecta a la desaparición de buena parte de contenidos “duros” y a la adaptación de los que quedan, estaríamos tentados de suscribir que el programa tiene “poco nivel”. Pero esto no es cierto. Podemos enseguida comprobar que se mantienen

contenidos conceptuales clave como energía, atomismo, teoría cinético-molecular, ondas electromagnéticas, ley de gravitación, etc., que sirven de soporte explicativo a las cuestiones estudiadas. Tampoco es cierto que estos contenidos deban presentarse desvirtuados, pues a pesar de los evidentes cambios, la ciencia transmitida ha de ser “una ciencia no exenta de rigor” (M.E.C., 2007: 45387). Lo que aquí verdaderamente se ha producido es, en realidad, un proceso drástico de selección, que ha eliminado contenidos académicos que no justifican su utilidad, por carencia de aplicaciones contextuales.

¿Y si el tema a proponer se asienta en conceptos de alta demanda cognitiva? ¿Se desestima sin más? En absoluto. Habrá que encontrar la manera de adaptarlo para que se sitúe dentro del campo de comprensión de los alumnos y siga siendo atractivo para ellos. Entramos entonces en el ámbito de la transposición didáctica, o conversión del saber experto en saber escolar (Cajas, 2001). El intento de alcanzar un nivel adecuado debe conseguirse tratando de reducir el número de elementos y cuidando de que sean asequibles. Una manera de abordar la tarea es mediante aproximaciones cualitativas a la materia de estudio. En este sentido conviene señalar que en los documentos de la asignatura rara vez encontramos ecuaciones o fórmulas. Otra vía idónea y muy efectiva que podemos seguir para hacer que los contenidos sean fácilmente asimilables es el uso de la analogía (Oliva, 2008).

“No estamos preparados para enseñar eso”

Ciertamente, si la materia a enseñar se encuentra muy alejada de la que los profesores han conocido en su formación, el enfoque didáctico es, también, muy diferente al que habitualmente practican.

Por lo que respecta a la materia, una de las dificultades del programa es que ha de tratar, en una perspectiva pluridisciplinar, contenidos de ciencia-pura, CTSA, ciencia-cotidiana y epistemológicos. No obstante, hay que decir que lo anterior no es nuevo, pues estos contenidos estaban ya presentes en la enseñanza renovada, aunque, en general, poco conectados entre sí.

¿Qué es entonces lo nuevo? En cuanto a los componentes del programa, la asignatura da un giro radical por el cual contenidos vistos hasta ahora como secundarios, cuando no marginales, toman el lugar de aquellos que forman el núcleo duro de la ciencia. Ahora, una vez alterado el orden jerárquico, son las cuestiones problemáticas elegidas (CTSA, cotidianas) las que determinan los contenidos de ciencia-pura a estudiar.

Este planteamiento arrastra dos importantes consecuencias. En primer lugar, la asignatura asume un esquema abierto, sin una estructura rígida para acoger y vincular los contenidos, ya que en lugar de partir de un cuerpo conceptual, da prioridad a cuestiones o problemas variados que son quienes señalan qué elementos se deben movilizar. En segundo lugar, se integran estrechamente enfoques didácticos actuales (alfabetización científica, CTSA, naturaleza de la ciencia y ciencia-cotidiana) puestos al servicio de los objetivos que propugna una asignatura común para todos los alumnos y de categoría obligatoria.

Asistimos, pues, en lo conceptual a un proceso de desintegración de la estructura clásica, formada por una red cerrada de contenidos de ciencia-pura, y en lo

metodológico a un proceso de integración estrecha en el seno de la misma disciplina de enfoques diversos, convergiendo hacia objetivos comunes.

“Las leyes de la ciencia serán sustituidas por el debate y la discusión”

Es de sobra conocido que la enseñanza renovada, siguiendo el modelo constructivista, utiliza el debate entre alumnos sobre alguna cuestión propuesta por el profesor (p.ej. ¿Qué pesa más el plomo o el corcho?) como estrategia para la introducción de conceptos (p.ej. el concepto de densidad). Pero los debates que propugna el nuevo enfoque, además de consolidar determinadas habilidades y conocimientos, persiguen otra finalidad. En los documentos oficiales se insiste en la conveniencia de promover entre los estudiantes la investigación y el debate sobre problemas de la sociedad relacionados con la ciencia, a fin de formar “futuros ciudadanos”, que han de tener “conocimientos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas” (MEC, 2007: 45387).

De todos modos, es evidente que la asignatura no puede proporcionar terreno para discutir cualquier cosa. Y puesto que en la práctica existe tal peligro, es imprescindible como paso previo enseñar a los estudiantes a marcar la diferencia entre opiniones personales y argumentos de base científica. Éstos últimos, avalados por leyes y teorías o por datos empíricos, son los que deben tener entrada en el aula. Es preciso, pues, tener muy claro lo que puede ser objeto de debate y lo que no, para evitar dar la impresión que en ciencia todo vale.

Como se ve, en un planteamiento como el descrito las leyes de la ciencia no son sustituidas por el debate, sino todo lo contrario: son el soporte del debate.

¿Qué tienen de particular las cuestiones que se proponen para permitir el debate? Esencialmente que son abiertas, para que así no exista una sola respuesta e inviten entonces a una toma de postura personal entre diversas opciones. En este caso se encuentran controversias centradas en la ciencia, que muestran campos poco seguros bien por falta de datos bien por falta de certeza sobre las variables que intervienen (p.ej. “La radiación en telefonía móvil”), muy ricas al mismo tiempo en componentes epistemológicos. Otras veces la controversia, aunque de base científica, está centrada en los aspectos éticos, políticos, económicos o medioambientales implicados (p.ej. “La energía eléctrica de origen nuclear”).

En el contexto escolar, además, pueden crearse cuestiones abiertas a partir de problemas cerrados, teniendo en cuenta que la recogida de información por parte de los estudiantes raramente es completa, con lo cual al final se tendrá un problema abierto, que se discutirá utilizando los datos disponibles.

El profesor tiene ante sí otra tarea difícil porque, formado en una enseñanza transmisiva donde el único que habla es él, tiene ahora que promover el diálogo entre los estudiantes.

“¿Y yo cómo doy esto?”

Ya se ha indicado que las características de la asignatura no se adaptan a una metodología de corte tradicional, que desvirtuaría su misma esencia. Mucho más

apropiada es la enseñanza por investigación, que es el modelo que mejor se adecua a la filosofía del programa.

Comúnmente el proceso arranca planteando un problema de temática sugestiva, que los alumnos asumen expresando sus creencias iniciales. Se estudian los conceptos implicados y se realizan las experiencias oportunas. Es importante enseñarles a buscar información o complementarla, esto es una manera de que aprendan a aprender. Se prevé el análisis de las cuestiones y el debate en grupo, seguido de informes finales.

Veamos con algo más de detalle el ejemplo antes citado del referéndum sobre telefonía móvil en Los Villares. El profesor puede presentar al principio algún recorte de prensa o video de TV, para introducir ideas. A continuación explica las nociones científicas que los estudiantes van a encontrar (o.e.m., f y λ , gama, energía de las o.e.m., poder ionizante, relación intensidad-distancia), con la intención de que comprendan bien éste y cualquier documento sobre la misma temática. Para promover la investigación se establece un plan de trabajo y se forman equipos, que buscarán información usando, sobre todo, Internet. Una vez hecho esto, se organiza el debate. En este caso, puede seguirse la técnica de los juegos de rol, asumiendo los estudiantes el papel de los vecinos del pueblo: un grupo como partidario y otro como detractor, tratan de convencer de sus posturas. Los demás grupos, representando al resto de los vecinos, han de señalar las fortalezas y debilidades de los argumentos, y aportar argumentos adicionales. La sesión puede cerrarse con la elaboración de informes donde se justifique la toma de decisiones.

La evaluación podría consistir en presentar un caso parecido: el de una comunidad de vecinos que conoce la posible instalación de una antena de telefonía en el bloque contiguo. Se ofrece una lista de datos para discutir uno por uno si hay que tomarlos o no en consideración, o bien se muestran diversas opiniones de vecinos para que sean comentadas (¿tienen base científica?). Se valoraría la propuesta de alguna posible experiencia para comprobar hipótesis de trabajo, o el indicar alguna acción a llevar a cabo.

En relación a la pregunta inicial, es inevitable, además, hacer alguna referencia al libro de texto ¿Cuál es aquí su papel? ¿Por qué buscar información si hay un libro de texto? Un buen manual (p.ej. Hunt y Millar, 2006; Durandea y otros, 2006) representa una ayuda inestimable para el profesor y una guía básica para los estudiantes, pero, a diferencia de otras materias donde “seguir el libro” es garantía de seguir sin desviación el programa, nuestra asignatura rebasa el ámbito del mejor de ellos, por mucha documentación que ofrezca. Esto se debe a que permite suficiente margen de maniobra para ampliar o recoger información de otras fuentes, o para elegir los problemas o cuestiones más convenientes dentro del tema objeto de estudio. De ahí que ambos supuestos no hayan de verse como incompatibles.

EN CONCLUSIÓN

Desde la perspectiva del estudiante la nueva asignatura supone una reconstrucción de los conocimientos escolares al abordar cuestiones fundamentales que le sirven para consolidar su cultura científica. Esto también vale para los alumnos “de ciencias”, ya

que van a descubrir a través de ella una cara de la ciencia hasta entonces oculta. El cambio mayor a constatar es la dinámica de clase que va a resultarle a todos extraña, al menos inicialmente, pues se aleja notablemente del modelo escolar habitual en el que basta con dar la respuesta “verdadera” para salir airosos de cualquier situación. Este mundo de certidumbres, de verdades absolutas y sin problemas, que invita a no pensar por sí mismo, es de repente sustituido por otro mucho más abierto donde se utilizan procedimientos de investigación dirigida. No obstante, el distanciamiento de las rutinas dominantes va a proporcionarle una mayor autonomía y un espíritu crítico más acentuado (García, 2006).

Por su parte, el profesor, que es el impulsor de esta mecánica de aprendizaje, se verá sacudido por la misma problemática, corregida y aumentada. Principalmente porque habrá de asumir una metodología a la que, en general, no está acostumbrado. Por este motivo, no hay duda que la nueva asignatura va a suponerle un esfuerzo considerable de adaptación. La situación le resultará más abordable si dispone de un caudal de información adecuado, como contar con un amplio apoyo documental por parte de la administración educativa, caso del Reino Unido (Nuffield, 2007), o bien alguna red de profesores a la que se pueda incorporar, o incluso disponer de libros de texto bien adaptados a la nueva temática y metodología.

La asignatura ha creado, pues, muchas expectativas por todo lo que puede aportar a una enseñanza de las ciencias renovada. Como en tantas ocasiones, son los profesores quienes tienen la última palabra, porque para que los cambios lleguen al aula es preciso que sean comprendidos, compartidos y comprometidos por todos (De Pro, 2007). Es sobre todo el cambio de metodología lo que va a hacer difícil la tarea encomendada. El peligro mayor viene precisamente por aquí: que se admitan los nuevos contenidos, pero que se mantenga para ellos la metodología tradicional. Este esquema chocaría frontalmente con la filosofía de la asignatura y constituiría el escenario menos deseable.

Está claro que los recelos son comprensibles, pero, superadas las dificultades iniciales, la experiencia puede ser muy gratificante para el mismo profesor, al constatar cómo mejora el clima de aula y cómo se incrementan entre los alumnos las actitudes positivas hacia la ciencia. La incidencia de los componentes afectivos en tal sentido ha sido señalada, tras varios años de práctica, en los países pioneros.

¿Cuál puede ser la situación de la enseñanza de las ciencias en las próximas décadas? ¿Hacia qué posiciones va a evolucionar? Hoy día los organismos educativos de los países más avanzados, asumiendo los resultados de la investigación didáctica, señalan la necesidad de una renovación profunda de la educación científica en el sentido ya comentado: nuevos contenidos de significado más próximo al alumno y métodos activos basados en la investigación y la resolución de problemas. Pero hasta que el futuro clarifique esta tendencia, por el momento irrumpen una asignatura de vanguardia educativa como “Ciencias para el mundo contemporáneo” con estatus jerárquico idéntico a las demás. ¿Qué va a ocurrir? Nuestro convencimiento es que su filosofía terminará impregnando los programas de las asignaturas de ciencias más clásicas y que, por ello, el periodo que ahora se abre supondrá una transición en el cambio de las ideas y hábitos hasta alcanzar la meta ya apuntada y deseada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). Benchmarks for Science Literacy. New York: Oxford University Press.
- ACEVEDO DÍAZ, J.A. (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275.
- ACEVEDO-DÍAZ, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 1(1), 3-16. www.apac-eureka.org/revista
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN, M., OLIVA, J.M., ACEVEDO, P., PAIXAO, F. y MANASSERO, M.A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 2(2), 121-140. www.apac-eureka.org/revista
- ACEVEDO-DÍAZ, J.A., VÁZQUEZ-ALONSO, A., MANASSERO-MAS, M.A. y ACEVEDO-ROMERO, P. (2007). Consensos sobre naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 4(1), 42-66. www.apac-eureka.org/revista
- AIKENHEAD, G.S. (1985). Collective Decisión Making in the Social Context of Science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- BANET, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.
- CAAMAÑO, A. (Coord.) (2005). Contextualizar la ciencia. *Alambique*, 46.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.
- CAÑAL, P. (Ed.) (2006). Alfabetización científica. *Investigación en la Escuela*, 60.
- CHALMERS, A. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid: Siglo XXI.
- DE PRO, A. (2007). Los contenidos de los proyectos curriculares de física y química en secundaria en la implantación de la reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 367-386.
- DE PRO, A. y EZQUERRA, A. (2005). ¿Qué ciencia ve nuestra sociedad? *Alambique*, 43, 37-48.
- DIXON, B. (Ed.) (1989). *The science of science*. London: Equinox.
- DRIVER, R. Y OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DURANDEAU, J.P. (Coord.) (2006). *Enseignement scientifique 1^{re}L*. Paris: Hachette.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M. y UREÑA LLINARES, A. (2002). Errores conceptuales en la interpretación de situaciones de cinemática. En ELÓRTEGUI y otros (Eds.), *Relación Secundaria-Universidad*, pp. 601-608. Universidad de La Laguna.

- FOUREZ, G. (1995). The Science, Technologies and Society (STS) Movement and the Teaching of Science. *Prospects*, XXV(1), 27-40. UNESCO: IBE.
- GARCÍA, J.E. (2006). Educación ambiental y alfabetización científica: argumentos para el debate. *Investigación en la Escuela*, 60, 7-19.
- GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza / aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 2(3), 302-329. En línea en: <http://www.apac-eureka.org/revista>.
- HIPKINS, R., BARKER, M. y BOLSTAD, R. (2005). Teaching the 'nature of science': modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27(2), 243-254.
- HUNT, A. y MILLAR, R. (Eds.) (2006). *AS Science for Public Understanding*. London: Heinemann.
- LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the 'nature of science'? teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.
- LÉNA, P. (1999). Désirs de science, désirs de vie. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 93, 7-17.
- MARCO-STIEFEL, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales y Cañal (Dirs.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 141-164. Alcoy: Marfil.
- McCOMAS, W.F. (Ed.) (1998). *The Nature of Science in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- MEMBIELA, P. (Ed.) (2001). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva CTS*. Madrid: Narcea.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2000 y 2006). *Bulletin Officiel* n°7 HS du 31-08-2000. En: www.education.gouv.fr/bo/2000/hs7/vol5scient.htm . *Bulletin Officiel* n°15 du 13-04-2006. En: www.education.gouv.fr/bo/2006/15/MENE0600979N.htm
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (2007). *B.O.E.* nº266 de 06-11-2007.
- MONK, M. (1994). Mathematics in Physics Education: A Case of More Haste Less Speed. *Physics Education* 29(4), 209-211.
- NIELSEN, H. y THOMSEN, P.V. (1985-88). Physics in upper secondary schools in Denmark, I-III. *European Journal of Science Education*, 7(1), 95-106 y 8(3), 315-324. *International Journal of Science Education*, 10(2), 189-202.
- NUFFIELD FOUNDATION (2007). www.nuffieldfoundation.org/spu

- OLIVA, J.M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(1), 15-28. En línea en: <http://www.apac-eureka.org/revista>.
- PEDRINACCI, E. (Coord.) (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo. *Alambique*, 49.
- REID, D.V. y HODSON, D. (1993). *Ciencias para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D.; LENZEN, D., WALWERTG-HENRIKSSON, H., HEMMO, V. (2008). Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro de Europa. *Alambique*, 55, 104-117.
- RUBIO, R. (2003). El conocimiento de la química de nuestro entorno. Una aplicación educativa ciencia-tecnología para la ESO. *Alambique*, 38, 33-41.

ANEXO 1

CONTENIDOS DE "CIENCIA PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO"

En España los contenidos del programa se han elegido porque son “temas de índole científica y tecnológica con gran incidencia social” y por este motivo “interesa a los ciudadanos, son objeto de polémica y debate social y pueden ser tratados desde perspectivas distintas, lo que facilita la comprensión de que la ciencia no afecta sólo a los científicos sino que forma parte del acervo cultural de todos”. Serán impartidos por un profesor de ciencias.

Se presentan en seis bloques temáticos:

1.- Contenidos comunes. (Distinción entre cuestiones científicas y no-científicas; Búsqueda y selección de información; Análisis de problemas científico-tecnológicos; Toma de decisiones; Contribuciones positivas de la ciencia; Limitaciones de la ciencia y la tecnología)

2.- Nuestro lugar en el Universo

3.- Vivir más, vivir mejor

4.- Hacia una gestión sostenible del planeta

5.- Nuevas necesidades, nuevos materiales

6.- La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

En el BOE correspondiente (**BOE 06-11-2007, pp.45387-9**) aparecen estos bloques más desarrollados.

SCIENCE FOR THE CONTEMPORARY WORLD

SUMMARY

This article studies the appearance of a new subject in the secondary school curriculum in response to the rapidly deteriorating situation in science education. This subject offers the student a very stimulating view of everyday science present in daily contexts, and which focuses on social problems with a scientific background. The didactic tendencies that converge here are above all the STS orientation and the scientific literacy movement, all within the constructivist framework. In comparison to traditional science subjects, this new subject differs both in content as well as methodology. As a result, the teacher will have to change his perspective and teach in a rather different way than what he has been accustomed to in the past. The most frequent criticisms that teachers raise to this subject are also discussed.

Key words: science teaching; science teachers; scientific literacy; STS; contextual science; the nature of science.