

Introducción

1. Desinterés por el aprendizaje de las ciencias y la enseñanza usual de las mismas

En el Informe Rocard et al. (2008), *Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro* de Europa se alerta sobre el “*peligro capital para el futuro de Europa*” que supone la disminución de jóvenes que estudian ciencias. Esto obstaculiza el logro en el futuro de una economía del conocimiento, lo que constituye uno de los objetivos de la UE.

Los “*orígenes de esta situación pueden encontrarse en la manera como se enseña la ciencia*”. (Rocard, 2008). Pero, como señalan Solbes, Monserrat y Furió (2007), este desinterés y abandono es un fenómeno complejo, multicausal: de imagen pública de la ciencia; de género, de estatus de la ciencia en el sistema educativo y de la manera en que se enseñan las ciencias.

Dado que ambos estudios coinciden en la enseñanza habitual de las Ciencias, le dedicaremos una especial atención. La enseñanza de las ciencias sigue centrada en los aspectos más conceptuales y propedéuticos y con escasas referencias a otros aspectos que, según la mayor parte de las investigaciones en didáctica de las ciencias, conseguirían una mayor motivación del alumnado y un aumento de su interés hacia el estudio de las ciencias (trabajos prácticos, relaciones CTSA, etc.). Los estudiantes afirman que se trata de una enseñanza de una ciencia aislada del entorno, sin relaciones CTSA, poco útil, que no trata temas de actualidad, sin apenas trabajo práctico (o reducido este a meras “recetas”), con clases aburridas, poco participativas y difícil, especialmente la Física y Química, lo que produce fracaso cuando son evaluados. Esto ha sido constatado en diversas investigaciones y países (Matthews 1991; Dunbar 1999; Solbes y Vilches, 1997).

Posiblemente esto sea así porque la enseñanza de las ciencias suele olvidar que su principal finalidad es: “*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). Los decretos de currículo si suelen tener en cuenta estas finalidades e innovaciones educativas, pero los libros de texto y el profesorado en mucho menor grado. Los libros de texto en escasas ocasiones apuestan por las innovaciones porque las grandes editoriales consideran que de esta forma aseguran la aceptación del profesorado y, con ello, sus beneficios económicos (AA.VV., 1997). Y, los escasos materiales curriculares alternativos, que muestran la forma de llevar a cabo las investigaciones e innovaciones educativas, no cuentan con el apoyo necesario (Caamaño et al., 2001).

En cuanto al profesorado Aikenhead (2003) establece la existencia de tres grandes grupos: a) Profesorado tradicional: partidario de la enseñanza de las ciencias propedéutica, que se resiste a las innovaciones y algunos son comprometidos activistas contra ellas. b) Profesorado partidario de participar en proyectos innovadores para mejorar su enseñanza. c) Profesorado intermedio: no comprometido con ninguno de los otros dos grupos; puede ser razonablemente persuadido hacia uno u otro lado. Estos últimos pueden unirse a los primeros en su rechazo a las innovaciones propuestas por la didáctica de las ciencias. Esto es atribuido, por los propios docentes, a dos causas: a) un currículo educativo amplio a impartir en un número reducido de horas lectivas; b) una falta de formación en didáctica de las ciencias tanto del profesorado novel como del que tiene experiencia docente.

Por último, otra causa nada desdeñable de rechazo de las innovaciones es el carácter tradicional de la evaluación del aprendizaje de las ciencias. En este sentido, los exámenes institucionales de cada país también son responsables, por omisión, de la poca eficacia de los cambios, porque los contenidos de las innovaciones de la enseñanza de las ciencias no suelen estar presentes en ellos, diseñados siempre a favor de los contenidos más tradicionales y propedéuticos (Oliva y Acevedo, 2005). No se plantean medir competencias generales y básicas, las cuales implican la aplicación de conocimientos y procedimientos científicos a situaciones del mundo real como el proyecto PISA (Acevedo, 2005).

Estos exámenes ponen en marcha un círculo vicioso, que es letal para la implantación de las innovaciones: *no se enseña lo nuevo porque no se evalúa...* y no se evalúa porque no se enseña. En definitiva, puede afirmarse que las innovaciones que no se integran armónicamente en los currículos se ven condenadas al fracaso más tarde o más temprano, porque apenas consiguen modificar el resistente núcleo duro propedéutico del currículo real aplicado en las aulas (Fensham, 2004).

2. La alfabetización científica

Esto plantea el problema de cómo lograr una educación científica para todos si tenemos en cuenta el fracaso ya existente en las materias científicas así como el desinterés de los estudiantes hacia la ciencia y su enseñanza.

Para muchos la respuesta es la alfabetización científica, que se ha convertido en una exigencia urgente, en un factor esencial del desarrollo de las personas y de los pueblos (National Research Council, 1996). Además, En un mundo repleto de productos de la ciencia, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos. Pero esto plantea a su vez un nuevo problema: ¿Cómo emprender un proyecto de alfabetización científica que incluya, por definición, a todos los alumnos?

Alfabetizar científica y tecnológicamente no significa extender a toda la población lo que hemos venido haciendo hasta ahora. Tampoco del retorno a lo básico que preconizan algunos, es decir, más matemáticas y lenguas (versión remasterizada de la 1ª alfabetización) y a los contenidos conceptuales tradicionales de las ciencias.

Según diversos autores, para llevar a cabo la alfabetización científica son necesarios:

- Unos objetivos básicos para todos los estudiantes, que convierten a la educación científica en parte de una educación general.
- Un currículum básico común para todos los estudiantes (National Research Council, 1996; Bybee, 1997).
- Estrategias que impidan la incidencia de las desigualdades sociales en el ámbito educativo (Bybee y DeBoer, 1994).
- Y aproximar el aprendizaje de las ciencias a una investigación, a una actividad con aspiración científica, que permitirá a los estudiantes afrontar problemas relevantes y (re)construir los conocimientos científicos (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998; Guisasaola et al., 2008; Perales y Cañal, 2000).

Y, ¿cuál podría ser un currículum básico común para todos los ciudadanos? Existe una convergencia básica en la necesidad de ir más allá de la habitual transmisión de conceptos científicos, de incluir una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica y de poner énfasis en las relaciones de la ciencia y la tecnología con el entorno natural y social.

Todo ello con vistas a que la enseñanza de las ciencias:

- contribuya a la formación de todas las personas y a su preparación para que puedan participar en la toma de decisiones fundamentada en torno a los problemas y a las posibles actuaciones (Aikenhead, 1985).
- impulse la preparación de los estudiantes como ciudadanos críticos o, en su caso, como científicos y técnicos responsables, capaces de participar en la toma de decisiones (que se oculta alegando incompetencia de la ciudadanía en torno a problemas relacionados con la C y la T y sus implicaciones).

Si esto no se consigue, no se logra la alfabetización científica y tecnológica de toda la ciudadanía en los países desarrollados en que se ha conseguido la alfabetización general. Si esto es así, es difícil plantearse la alfabetización digital, en las nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTIC) y, lo que es más grave, se puede producir una situación de déficit democrático. Como el saber es poder, sin alfabetización científica y tecnológica de todos y todas no se garantiza la igualdad en la oportunidad de poseer el conocimiento, la equidad (Reid y Hodson, 1993) y, por tanto, se está desposeyendo a las personas de la posibilidad de ejercer una ciudadanía crítica y de poder tomar decisiones fundamentadas (Aikenhead, 1985).

Esta alfabetización tecno-científica no se puede conseguir sin un conocimiento de los procedimientos de la ciencia y sin la competencia en comunicación lingüística que, como señala la propia convocatoria: *“es especialmente relevante en la formación del alumnado ya que supone la posibilidad de utilizar el lenguaje como instrumento*

de comunicación oral y escrita, de representación, interpretación y comprensión de la realidad, de construcción y comunicación del conocimiento, de organización y autorregulación del pensamiento, de las emociones y de la conducta”. En el núcleo de la competencia en comunicación lingüística está la comprensión lectora entendida como la capacidad de comprender, utilizar y analizar textos escritos para alcanzar los objetivos del lector, desarrollar sus conocimientos y posibilidades y participar en la sociedad. Cuales deban ser estos procedimientos y esta comprensión lectora han sido muy bien desarrolladas por los informes PISA, como veremos a continuación.

2.1. La alfabetización en los procedimientos de la ciencia

Así pues, “en ciencias, se debería pedir a los estudiantes que fueran capaces de evaluar pruebas factuales, de distinguir entre teorías y observaciones y de valorar el grado de confianza que hay que conceder a las explicaciones proporcionadas” (Millar y Osborne, 1998). Para ello PISA (2005) identifica 5 procesos científicos:

1. *Reconocer cuestiones científicamente investigables*: Este proceso implica identificar los tipos de preguntas que la ciencia intenta responder, o bien reconocer una cuestión que es o puede ser comprobada en una determinada situación.
2. *Identificar las evidencias necesarias en una investigación científica*: Conlleva la identificación de las evidencias que son necesarias para contestar a los interrogantes que pueden plantearse en una investigación científica. Asimismo, implica identificar o definir los procedimientos necesarios para la recogida de datos.
3. *Extraer o evaluar conclusiones*: Este proceso implica relacionar las conclusiones con la evidencia en la que se basan o deberían basarse. Por ejemplo, presentar a los estudiantes el informe de una investigación dada para que deduzcan una o varias conclusiones alternativas.
4. *Comunicar conclusiones válidas*: Este proceso valora si la expresión de las conclusiones que se deducen a partir de una evidencia es apropiada a una audiencia determinada. Lo que se valora en este procedimiento es la claridad de la comunicación más que la conclusión.
5. *Demostrar la comprensión de conceptos científicos*: Se trata de demostrar si existe comprensión necesaria para utilizar los conceptos en situaciones distintas a las que se aprendieron. Esto supone, no sólo recordar el conocimiento, sino también saber exponer la importancia del mismo o usarlo para hacer predicciones o dar explicaciones.

Procedimientos que se introducen en contenidos seleccionados a partir de los siguientes cuatro criterios:

- Que aparezcan en situaciones cotidianas y tengan un alto grado de utilidad en la vida diaria.
- Que se relacionen con aspectos relevantes de la ciencia, seleccionando aquéllos que con más probabilidad mantengan su importancia científica en el futuro.

- Que sean aptos y relevantes para detectar la formación científica del alumnado.
- Que sean aptos para utilizarlos en procesos científicos y no sólo que correspondan a definiciones o clasificaciones que únicamente deben ser recordadas.

2.2. Alfabetización científica y comprensión lectora

El lenguaje es un campo que está adquiriendo cada vez más importancia en la didáctica de las ciencias, con muchas publicaciones monográficas como el de la revista *Alambique sobre Lenguaje y comunicación* (AAVV, 1997) o el *II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição* (Mortimer y Smolka, 2003). En nuestro país diversos trabajos (Vidal-Abarca y Sanjose, 1998; Vidal-Abarca y Gilabert, 2002) han investigado sobre los niveles de comprensión de la prosa científica o sobre cómo hacer mejores textos expositivos para el aprendizaje. Y, como ya hemos señalado en el apartado 2, es en el núcleo de la competencia lingüística donde se encuentra la comprensión lectora.

Para desarrollarla, el programa PISA (2008) establece cinco procesos (o aspectos) de la «competencia lectora», que son: la obtención de información, el desarrollo de una comprensión general, la elaboración de una interpretación y la reflexión y valoración sobre el contenido del texto y sobre la forma del texto.

Pasamos a continuación a establecer las características de los cinco procesos de la «competencia lectora», así como a presentar actividades para desarrollarlas y evaluarlas, según PISA (2008):

1. *Obtención de información.* En el transcurso de su vida cotidiana es frecuente que los lectores necesiten conseguir una información determinada. Con ese fin, los lectores deben explorar el texto para buscar, localizar e identificar datos relevantes. Los ejercicios de obtención de información requieren que el estudiante localice una serie de datos en el propio texto de acuerdo con los requisitos o características especificadas en las preguntas. El estudiante tiene que detectar o identificar los elementos esenciales de la pregunta.

2. *El desarrollo de una comprensión general* de lo que se ha leído obliga al lector a juzgar el texto globalmente o desde una perspectiva amplia. Esta comprensión inicial puede enseñarse y evaluarse, por ejemplo, pidiendo a los estudiantes que señalen el tema general o el mensaje del texto, o que identifiquen su función o utilidad. Ejemplos de ello son las tareas en las que el lector debe seleccionar o crear un título o una tesis para el texto, explicar el orden de unas instrucciones sencillas o identificar las dimensiones principales de un gráfico o una tabla. Señalar cuál es la idea principal implica determinar la jerarquía de las ideas y seleccionar aquella que tiene un carácter más general y abarcador. Este tipo de tarea revela si el estudiante es capaz de distinguir las ideas clave de los detalles secundarios, o si es capaz de reconocer el resumen del tema principal en una oración o un título.

3. *La elaboración de una interpretación* requiere que los lectores amplíen sus primeras impresiones de un texto con el fin de alcanzar una comprensión más específica o completa de aquello que han leído. La realización de este tipo de tareas exige el desarrollo de una comprensión lógica, ya que los lectores deben procesar la estructura informativa del texto. Como ejemplos de ejercicios que cabe emplear para enseñar y evaluar este proceso, pueden citarse la comparación y contraste de información, la capacidad para hacer inferencias, y la identificación y listado de pruebas. En las tareas de «comparación y contraste» se pide al alumno que reúna dos o más datos informativos extraídos del texto. En ese tipo de tareas, para procesar la información explícita o implícita obtenida a través de una o varias fuentes, el lector a menudo deberá inferir una determinada relación o categoría. Dicho proceso de comprensión también se evalúa en las tareas que piden al estudiante que haga inferencias sobre la intención del autor y que señale en qué se basa para inferir dicha intención.

4. *La reflexión y valoración sobre el contenido del texto* requiere que los lectores relacionen la información en él contenida con unos conocimientos procedentes de otras fuentes. Los lectores deben asimismo contrastar las aseveraciones incluidas en el texto con su propio conocimiento del mundo. En este sentido, es bastante habitual que se pida a los lectores que articulen y defiendan unos puntos de vista propios. Entre las tareas de enseñanza y evaluación que corresponden a este tipo de procesos se cuentan la presentación de argumentos o pruebas exteriores al texto, la valoración de determinados elementos informativos o probatorios, o la aplicación de normas o criterios morales o estéticos. Al estudiante se le pide que proponga o identifique datos informativos suplementarios que refuercen el argumento del autor, o que juzgue si son suficientes las pruebas o la información que aporta el texto. El conocimiento exterior al que se vincula la información textual puede proceder del conocimiento personal del estudiante, de otros textos que se facilitan en la prueba, o de ideas incluidas en la propia pregunta.

5. *La reflexión y valoración sobre la forma del texto* invitan a que el lector se distancie del texto, lo juzgue objetivamente y evalúe su calidad y relevancia. Desempeñan un papel destacado en dichas tareas la familiaridad con las estructuras, los registros y los géneros de los textos. Entre los ejemplos característicos de estas tareas se encuentran aquéllos en los que se debe determinar la utilidad de un texto para la consecución de un propósito específico o el uso que hace el autor de determinados recursos textuales para alcanzar un fin. También puede pedirse al estudiante que describa o comente el estilo empleado por el autor o que identifique cuál es su propósito o su actitud.

2.3. La alfabetización científica y la argumentación

Actualmente, se trabaja mucho en el estudio de los razonamientos y argumentaciones de los estudiantes y de como interaccionan con la información aportada por los propios compañeros, por el profesor o por los libros de texto en el aula, es decir, se trata de enseñar al estudiante no sólo a saber hacer ciencia sino también a “hablar de ciencia”, a saber comunicarla (Sanmartí, 1997; Sardá y Sanmartí, 2000; Jiménez Aleixandre et al, 2000; Jiménez Aleixandre y Díaz, 2003; Driver et al., 2000).

Estas investigaciones ponen de manifiesto que el aprendizaje se ve muy favorecido cuando los alumnos participan, hablan y argumentan sobre la ciencia, lo que sólo es posible si las actividades son interesantes y los alumnos están motivados, con lo que se vuelve a plantear la necesidad de incorporar al aprendizaje el cambio actitudinal.

En cuanto a la argumentación, hay que plantear actividades que la promuevan explícitamente. Hay que ir con cuidado, muchas veces hay actividades que dicen "explica, justifica, razona...", pero son palabras que se utilizan indistintamente para pedir una respuesta que no sea una mera definición o descripción. Se trata de enseñar explícitamente a argumentar, de si hay actividades que pidan conclusiones basadas en pruebas o justificadas con fundamentos teóricos y si hay actividades que propongan la realización de debates en los que se pueda argumentar y criticar fundamentadamente el argumento de otra persona. .

En estas actividades se trata de ver los tipos de argumentos empleados por los estudiantes: si están justificados o no, si la justificación es empírica o hipotética, si es simple o compleja (Jiménez Aleixandre et al 2000) y en qué medida manifiestan competencias argumentativas, es decir, si expresan el argumento como una simple opinión o, por el contrario, es una afirmación apoyada en hechos, o justificada con fundamentos teóricos, valores, otros argumentos; si derivan conclusiones basadas en pruebas; si critican fundamentadamente un argumento de otra persona (Toulmin, 1958).

3. El currículo de ciencias para el mundo contemporáneo

La alfabetización científica de la ciudadanía no se está consiguiendo en la enseñanza usual de las ciencias, por las razones antes expuestas, es decir, por un currículo educativo amplio a impartir en un número reducido de horas lectivas; por unos libros de texto centrados en los contenidos conceptuales; por una falta de formación en didáctica de las ciencias del profesorado tanto a nivel inicial como permanente, que ha sido formado en la universidad con una determinada visión de la ciencia (a-histórica, descontextualizada, dogmática, etc.), que excluye muchas de sus múltiples dimensiones (Solbes, 2002); por el carácter tradicional de la evaluación del aprendizaje de las ciencias.

Por ello, diversos países han promovido una asignatura que ha sido incorporada al currículo oficial. Su nombre: "*Science for Public Understanding*" (SPU) en Gran Bretaña, "*Enseignement scientifique, série littéraire*" en Francia, y "Ciencias para el mundo contemporáneo" en España que con sus escasas dos horas en primer curso del Bachillerato, difícilmente puede contribuir a resolver los graves problemas que afectan a la enseñanza de las ciencias.

Si se comparan los contenidos de todas ellas encontramos una serie de temas comunes:

- problemas que aparecen con frecuencia en los medios de comunicación (p. ej. "Tabaco y cáncer"),

- procesos y objetos cotidianos (p. e. “Conservación de alimentos”, “Detergentes”), que 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. e. “La exploración espacial”),
- poner en práctica los métodos de la ciencia (p. e. “El control en medicamentos”),
- establecer relaciones con la tecnología y la sociedad (p. e. “Qué hacer con los residuos”),
- buscar información y permitir el debate (p. e. “Alimentos transgénicos”).

3.1. Finalidades y objetivos

La enseñanza de las Ciencias para el mundo contemporáneo en el bachillerato tendrá como objetivo el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.
2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.
3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar reflexiones fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.
4. Adquirir una imagen coherente de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.
5. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.
6. Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social.

7. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural y social en el que se desarrollan.
8. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.

Estos objetivos son adecuados para la alfabetización científica, aunque están un tanto mezclados. Encontramos objetivos sobre contenidos conceptuales, pero se insiste correctamente en que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.

Encontramos objetivos sobre contenidos procedimentales, algunos relacionados con comprensión lectora (como “obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico” o “valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas”, aunque no se mencionan explícitamente la comprensión global o la elaboración de interpretación de un texto), otros con competencias lingüísticas (“argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos”) y, por último, algunos relacionados con la metodología de la ciencia (como “utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis”, pero no se menciona para nada la comprobación de las mismas mediante experimentos u observaciones).

Encontramos, por último, objetivos sobre actitudes y valores, como “poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente” o “valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones”. También en los objetivos se tiene en cuenta el conocimiento de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) como “reconociendo sus aportaciones (de la ciencia y la tecnología) y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural y social en el que se desarrollan” o el objetivo octavo completo.

3.2. Contenidos

- 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 (BOE 06-11-2007, pp.45387-9)

Los contenidos también son adecuados si lo que se pretende es desarrollar una cultura científica para la participación ciudadana a través de cuestiones cotidianas y de repercusión social y conocer mejor el mundo y los grandes debates de la sociedad que conciernen a la ciencia, la tecnología y el medioambiente. También para promover, como pide PISA (2003), la capacidad para emplear el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con el fin de comprender y poder tomar decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que la actividad humana produce en él.

Sin embargo, los libros de texto para esta materia se caracterizan por su enciclopedismo y porque prevalecen los contenidos conceptuales. Los temas CTSA y los valores de la ciencia (Solbes, 1999) se tienen poco en cuenta en muchos textos, por las razones antes mencionadas. Sólo algunos de los que aparecen explícitamente en el propio decreto, como:

2. Los estilos de vida saludables. El uso racional de los medicamentos. Transplantes y solidaridad. Las patentes. La sanidad en los países de bajo desarrollo. La Bioética.

3. La sobreexplotación de los recursos. Los impactos: la contaminación, la desertización, el aumento de residuos y la pérdida de biodiversidad. El cambio climático. Factores que incrementan los riesgos (naturales). Sostenibilidad económica, ecológica y social. Los compromisos internacionales y la responsabilidad ciudadana.

4. El desarrollo científico-tecnológico y la sociedad de consumo: agotamiento de materiales. Análisis medioambiental y energético del uso de los materiales.

5. Control de la privacidad y protección de datos Repercusiones en la vida cotidiana.

Muchos de ellos aparecen como actividades complementarias, es decir, al final del texto tal y como se ha puesto de manifiesto en diversas investigaciones didácticas (Solbes y Vilches, 1997; Solbes y Traver, 1996). Esto es lo que ocurre con los textos periodísticos u otros que podrían mejorar la comprensión lectora de los estudiantes y que, sin embargo, se limitan, mayoritariamente, a la obtención de información y, en pocos casos, a la valoración del texto, quedando olvidados los procesos 2 y 3 de la competencia lectora. A veces se propone que se realice un debate, sin explicar cómo hacerlo, lo que en el fondo supone que éste no se va a hacer.

En principio, y para evitar el carácter enciclopédico de la asignatura antes mencionado, el bloque 1 se introduce transversalmente en los restantes bloques y sólo se plantea desdoblarse los bloques temáticos 2 y 3. El 2, Nuestro lugar en el Universo, en tema 1. El lugar de la tierra en el universo y tema 2. Los seres vivos y su evolución.

El 3, Vivir más, vivir mejor, en tema 3. La revolución genética y tema 4. Vivir más, vivir mejor. A los restantes: 4. Hacia una gestión sostenible del planeta, 5. Nuevas necesidades, nuevos materiales y 6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento, se les dedicara un solo tema.

4. Metodología de enseñanza

Se trata de una propuesta de enseñanza aprendizaje por investigación (Gil et al., 1991) que, como dice el informe Rocard (2007), debe ser la nueva pedagogía para el futuro de la enseñanza de las ciencias en Europa.

En esta propuesta los estudiantes realizan pequeñas investigaciones para resolver problemas de interés. Cuando un alumno se plantea un problema que le interesa y trata de resolverlo científicamente, en general, ha de precisarlo, emitir unas hipótesis, elaborar unas estrategias de resolución, etc., y analizar cuidadosamente los resultados y sus posibles consecuencias. Es precisamente en este proceso, adecuadamente impulsado y orientado por el profesor, cuando pueden aparecer de manera funcional (si es que existen) las posibles concepciones alternativas y la consiguiente necesidad de modificarlas haciendo posible la evolución de tales ideas hacia las ideas científicas que se quiere enseñar.

Es preciso resaltar que dicha familiarización con la metodología científica, no puede resolverse de manera parcelada o limitada a los trabajos prácticos. Para que el cambio metodológico pueda llevarse a cabo, es necesario que se extienda a todas las actividades clave en la enseñanza de las ciencias, desde la introducción de conceptos a los trabajos prácticos pasando por la misma resolución de problemas de papel y lápiz. Además, hay que señalar que este modelo también integra la dimensión axiológica del aprendizaje al tener en cuenta las relaciones CTSA (Solbes y Vilches, 1997) en el interés de la situación problemática abordada, en las posibles perspectivas, etc.

Para esta propuesta, es conveniente estructurar la clase en pequeños grupos, porque favorece el nivel de participación y la creatividad necesaria para la emisión de hipótesis, realización de diseños, etc. que se plantean en las actividades, seguidas de puestas en común (que no debe emplear excesivo tiempo) y de intervenciones del profesor, para realizar reformulaciones globalizadoras de las aportaciones de los grupos o incluso -aún cuando éstas sean incompletas para añadir información. Esto no supone una trasgresión del método propuesto, el hecho de que los estudiantes hayan abordado previamente las cuestiones hace que su receptividad ante la información sea superior, al responder a cuestiones que ellos se han planteado. El propósito de los programas de actividades es evitar la tendencia espontánea a primar la actividad del profesor, es decir, a centrar el trabajo en clase en el discurso ordenado del profesor y en su asimilación por parte de los alumnos. Todo ello no excluye las diferentes mediaciones que realice el profesor ni tampoco que alguna actividad pueda consistir en escuchar una exposición del mismo profesor o en la lectura de un texto (para extraer las ideas clave, comentar, etc.).

Estas características son compartidas con otros diferentes modelos de investigación en la escuela (National Research Council, 2000) y se van imponiendo hasta

en la propia Universidad como se puede apreciar en un artículo publicado en *Nature* (Powell, 2003).

5. Características e instrumentos de evaluación

La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias suele reducir su función principal a la calificación de los estudiantes mediante la realización de pruebas terminales centradas, en general, sobre los contenidos conceptuales impartidos. No se tiene en cuenta que la evaluación de cualquier proceso ha de tener como función principal el análisis del funcionamiento del mismo para ver si se cumplen los objetivos previstos y, en caso contrario, retroalimentar adecuadamente el proceso, lo que implicará adoptar las medidas correctoras que se necesiten. Así pues, podemos resumir que las funciones de la evaluación consistirán en: favorecer el aprendizaje, contribuir a mejorar la enseñanza y ajustar el currículo a aquello que pueda ser trabajado con interés y provecho por el alumnado.

Conseguir que la evaluación constituya un instrumento de aprendizaje y se convierta en una *evaluación formativa*, supone dotarla de unas características que sean coherentes con el modelo de aprendizaje seleccionado y con las orientaciones metodológicas detalladas con anterioridad. En particular:

* Una primera característica que ha de poseer la evaluación para jugar un papel orientador e impulsor del trabajo de los estudiantes es que *pueda ser percibida como ayuda real, generadora de expectativas positivas*. El profesor ha de lograr transmitir su interés por el progreso de los alumnos y alumnas y su convencimiento de que un trabajo adecuado terminará produciendo los logros deseados, incluso si inicialmente aparecen dificultades. Conviene para ello realizar una planificación muy cuidadosa de los inicios del curso y comenzar con un ritmo pausado, revisando los prerrequisitos (para que no se conviertan, como a menudo ocurre, en obstáculo), planteando tareas sencillas, etc.

* Una segunda característica que ha de poseer la evaluación, para que pueda jugar su función de instrumento de aprendizaje, es su *extensión a todos los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales del aprendizaje de las ciencias, rompiendo con su habitual reducción a aquello que supuestamente permite una medida más fácil y rápida*: la repetición mecánica de los "conocimientos teóricos" y su aplicación igualmente repetitiva a problemas de lápiz y papel. Se trata de ajustar la evaluación es decir, el seguimiento y la retroalimentación, a las finalidades y prioridades establecidas para el aprendizaje de las ciencias y, en particular, al logro de las competencias indicadas en las orientaciones metodológicas expresadas anteriormente.

Por otra parte, es preciso no olvidar, a la hora de fijar los criterios, que sólo aquello que es evaluado es percibido por los estudiantes como realmente importante. Es preciso, pues, evaluar todo lo que los estudiantes hacen: desde un póster confeccionado en equipo a los informes personales del trabajo realizado. En particular, se ha de resaltar la importancia de estos informes o "portafolios", en los que cada estudiante ha de recoger y organizar el conocimiento construido y que pueden convertirse

-si el profesor se implica en su revisión y mejora- en un *producto* fundamental, capaz de reforzar y sedimentar el aprendizaje, evitando adquisiciones dispersas.

* Si se acepta que el papel fundamental de la evaluación es incidir positivamente en el proceso de aprendizaje, es preciso concluir que *ha de tratarse de una evaluación a lo largo de todo el proceso y no de valoraciones terminales*. Ello supone integrar las actividades evaluadoras a lo largo del proceso con el fin de incidir positivamente en el mismo, aportando la retroalimentación adecuada y adoptando las medidas correctoras necesarias en el momento conveniente. Una valoración terminal sin posibilidad de retroalimentación de aquello que no se ha aprendido seguramente dificultará el aprendizaje posterior y contribuirá a acentuar la impresión de que no se estudian las cosas para adquirir unos conocimientos útiles e interesantes, sino para pasar unas pruebas.

* Es necesario que *los estudiantes participen en la regulación de su propio proceso de aprendizaje* dándoles oportunidad de reconocer y valorar sus avances, de rectificar sus ideas iniciales, de aceptar el error como inevitable en el proceso de construcción de conocimientos. En este proceso, la evaluación además ha de contribuir a que los estudiantes vean reconocidos sus esfuerzos de aprendizaje con el consiguiente efecto motivador.

Todos estas características de la evaluación jugarán un papel relevante en la creación de un clima de aula susceptible de facilitar la implicación del alumnado en las tareas que su aprendizaje requiere y, como ha mostrado la investigación y la práctica educativa, de aumentar su interés hacia la ciencia y su aprendizaje.

A título de ejemplos de actividades de evaluación concordantes con la propuesta tenemos Pisa (2008), que evalúa el dominio de los 5 procesos (o aspectos) de la comprensión lectora o Pisa (2005), para evaluar 3 grandes dimensiones del aprendizaje de las ciencias:

- Los procesos o destrezas científicas
- El contexto en el que se aplica el conocimiento científico
- Los conceptos y contenidos científicos

Para ello, estos mismos documentos ofrecen ítems que pueden ser perfectamente adecuados para ello: los 13 ítems de *Conocimiento científico de Pisa (2005)* e, incluso, en *La lectura en PISA 2000, 2003 y 2006* (2008) hay 5 ítems adecuados a nuestro propósito, porque están relacionados con la ciencia: el lago Chad, la vacunación voluntaria contra la gripe, herramientas científicas de la policía, la tecnología crea necesidad de nuevas normas y las abejas, recolección de néctar.

6. Conclusiones

Una enseñanza de las Ciencias para el mundo contemporáneo que tenga en cuenta las finalidades y objetivos, los contenidos, la metodología de enseñanza como investigación y las características de la evaluación que se han expuesto en los

apartados anteriores, favorecerá la alfabetización cinética necesaria para preparar ciudadanos que sean capaces de:

- * obtener y utilizar la información científica para formarse opiniones argumentadas;
- * implicarse en actividades públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología, para lo que se necesita argumentar correctamente tanto verbalmente como por escrito;
- * y, además, poder compartir la emoción y la realización personal que produce la comprensión del mundo natural y social.

Sin embargo, con una asignatura de 1º de Bachillerato con sólo 2 horas semanales es difícil que se consigan estas competencias, pero quizá favorezca que el profesorado se familiarice con ellas y sea capaz de extrapolarlas a la enseñanza de las ciencias en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA INTRODUCCIÓN

- AA.VV. (1997). Los libros de texto, Monográfico, *Alambique*, 11, 5-87.
- AAVV (1997). Monográfico: Lenguaje y comunicación. *Alambique*, 12, 5-87.
- ACEVEDO, J.A. (2005). TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301.
- AIKENHEAD, G.S. (1985). Collective decision making in the social context of science, *Science Education*, 69, (4), 453-475.
- AIKENHEAD, G.S. (2003). Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Research and the *Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (august 19-23).
- 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: Mac-Millan P.C.
- CAAMAÑO, A; GÓMEZ, M.A.; GUTIÉRREZ, 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.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms, *Science Education*, 84, 287-312.
- DUNBAR, R. (1999). *El miedo a la ciencia*. Madrid: Alianza.
- FENSHAM, P.J. (2004). Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education. En R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Ed.), *Science and Technology Education for a Diverse World - dilemmas, needs and partnerships*. International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium Proceedings (pp. 23-25). Lublin, Poland: Maria Curie-Sklodowska University Press.
- FRASER, B.J. y TOBIN, K.G. (Eds) (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- GABEL, D. L. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MTNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori-ICE Universidad de Barcelona.

GUISASOLA J. FURIÓ C. & CEBERIO, M. (2008). Science Education based on developing guided research. In M.V. Thomase (Ed.) *Science Education in Focus*. Nova Science Publisher.

JIMENEZ ALEIXANDRE, M. P., BUGALLO, A. y DUSCHL, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, 757-792.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. y DÍAZ, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, 21 (3), 359-371.

MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, pp. 141-155.

MILLAR, R. y OSBORNE, J. (1998), *Beyond 2000: Science Education for the Future*, King's College London School of Education

MORTIMER, E. F. y SMOLKA, A. L. (Eds.) (2003). *Anais do II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição*, Campinas: Faculdade de Educação de Unicamp.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.

NACIONAL RESEARCH COUNCIL (2000). *Inquiry and the Nacional Science Educations Standards. A Guide for Teaching and Learning*. Washington D.C.: Nacional Academia Press.

OLIVA, J.M. Y ACEVEDO, J.A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), 241-250

PERALES, F. J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.

POWELL K, 2003, Spare me the lecture, *Nature*, 425, pp 234-237.

Programa PISA (2008). La lectura en PISA 2000, 2003 y 2006. Madrid: MEC.

<http://www.institutodeevaluacion.mec.es/publicaciones/?IdCategoriaPublicacion=3#0>

Programa PISA (2005). Ejemplo de ítems de conocimiento científico. Madrid: MEC.

<http://www.institutodeevaluacion.mec.es/publicaciones/?IdCategoriaPublicacion=3#indice0>

REID, D.J. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*, Madrid: Narcea.

ROCARD, M. et al. (2007). *Science education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*. European Communities: Belgium. Traducciones íntegras en francés y alemán y resumida en castellano en *Alambique* (2008). nº 55, 104-117.

http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

SANMARTÍ, N. (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique*, 12, 51-63.

SARDÁ, A y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un repte en les classes de ciències. *Ensenanza de las ciencias*, 18 (3), 405-423.

SOLBES, J. (1999). Los valores en la enseñanza de las ciencias, *Alambique*, 22, 97-109.

SOLBES, J. (2002). *Les emprentes de la Ciència. Ciència, Tecnologia, Societat: Unes relacions controvertides*. Alzira: Germania.

SOLBES, J. y TRAVER, M. (1996): La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química, *Enseñanza de las ciencias*, 14 (1), 103-112.

SOLBES, J. & TRAVER, M. (2003). Against negative image of science: history of science in the physics & chemistry Education, *Science & Education*, 12, 703-717.

SOLBES, J. & VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.

SOLBES, J., MONTSERRAT, R. Y FURIÓ, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.

VIDAL-ABARCA E Y GILABERT R (2002) revisión de textos: como hacer mejores textos expositivos para el aprendizaje. En J. A. Leon. *Conocimiento y discurso: claves para inferir y comprender*. Madrid, Pirámide (pp. 185-203).

VIDAL-ABARCA, E. Y SANJOSE, V. (1998). Levels of comprehension of scientific prose: the role of text variables. *Learning and Instruction*, 8 (3), 215-233.

TOULMIN, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.