

SELECCIONES BIBLIOGRÁFICAS TEMÁTICAS

LAS INTERACCIONES CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (CTS)

Amparo Vilches

En los últimos años, se ha venido desarrollando una línea de investigación en la enseñanza de las ciencias que está adquiriendo cada vez más importancia e influencia en la educación científica en general y en particular en la enseñanza secundaria, en la formación de futuros ciudadanos de una sociedad cada vez más impregnada por la ciencia y la tecnología: las interacciones ciencia, tecnología, sociedad.

La existencia de una gran cantidad de artículos en revistas de enseñanza de las ciencias, en los que confluyen diferentes núcleos en torno a los cuales se desarrollan las investigaciones, que hacen difícil en algunos casos su clasificación, ha obligado, en esta primera fase, a indicar simplemente un resumen sobre los objetivos de algunos de los artículos existentes, dejando para una nueva publicación el estudio de los diferentes campos en que esta fructífera línea de investigación se desarrolla, así como otras contribuciones reflejadas tanto en artículos de revistas como en los numerosos libros existentes.

La mayor parte de trabajos se centran en varios núcleos temáticos relacionados con CTS. En primer lugar se critica la enseñanza habitual en la que están ausentes estos aspectos y se proponen soluciones del tipo programas CTS, se analiza qué consecuencias puede tener la ausencia de estos aspectos en la visión de los alumnos y profesores sobre la ciencia y su actitud hacia la misma, se proponen diferentes proyectos en CTS llevados a cabo en distintos países y niveles educativos y con diferentes orientaciones, se analizan resultados de experiencias de este tipo, comparando las ideas de los alumnos que han realizado el curso con las de los que no lo han hecho, se proponen y analizan instrumentos de evaluación de proyectos de CTS y se discuten las ideas de profesores y alumnos sobre proyectos CTS. Por otra parte, ciertos trabajos se centran sólo en algunos aspectos de CTS, como las relaciones entre ciencia y entorno en algún caso concreto, o determinados aspectos históricos, o conflictos sociales generados en torno a un problema científico; todos ellos relacionados con su influencia en la enseñanza de la ciencia.

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

Se plantea el papel relevante de la toma de decisiones en el currículo científico, por su importancia en la formación de ciudadanos críticos, proponiéndose como objetivos la clarificación de lo que significa la toma de decisiones y sus implicaciones prácticas para la enseñanza de las ciencias en el nivel secundario. El artículo contiene una revisión de la literatura sobre el tema, en la que se incluyen casi cien referencias bibliográficas. Se describen algunas experiencias con materiales que conllevan la toma de decisiones de los estudiantes en cuestiones de interés social, señalando que, para que los alumnos puedan tomar decisiones de este tipo, es preciso que adquieran una clara visión de: 1) las características de la ciencia, incluyendo sus objetivos, valores, métodos para producir y extender conocimientos, etc.; 2) las características de la tecnología, sus objetivos, valores, cómo cambian según el contexto, etc.; 3) las limitaciones de los valores y conocimientos científicos; 4) las interacciones entre la ciencia la técnica y la sociedad.

AIKENHEAD, G.S., 1987. *High-School graduates' beliefs about Science-Technology-Society. III. Characteristics and limitations of scientific knowledge*, *Science Education*, Vol. 71 (4), pp. 459-487.

Los graduados de escuelas secundarias tienen distintas y contradictorias creencias sobre conocimientos de ciencia. Sus respuestas reflejan las ideas sobre aspectos particulares de la ciencia auténtica, la naturaleza tentativa del conocimiento y las dimensiones sociales del mismo dentro de la comunidad científica. Sin embargo parecen estar desinformados sobre otros temas, como la naturaleza de los modelos científicos, la influencia externa del conocimiento científico, las motivaciones para generar conocimientos y el método científico, que es visto por los estudiantes como una idea vaga para seguir un proceso dado.

AIKENHEAD, G.S., 1987. *The development of a new technique for monitoring student understanding of science-technology- society topics*, *Recerca Educativa*, 4, pp. 23-37.

En la primera parte del trabajo se analiza comparativamente el tradicional sistema «Likert-type» y el de respuestas escritas, para determinar cómo los estudiantes pueden expresar mejor sus conocimientos en temas de CTS. En la segunda fase descubrieron que los estudiantes expresan más exactamente sus ideas eligiendo una respuesta de una pregunta de opción múltiple que en sus párrafos escritos. En la tercera fase se explica cómo hacer la lista de preguntas, que ha sido mejorada para aumentar su eficacia, usando las propias respuestas de los estudiantes. Se describe el instrumento «Views on Science, Technology, Society» (VOSTS), CDN.2. que comprende 22 ítems basados en 16 temas de CTS, mostrando ejemplos y los resultados, que indican un 50% de ambigüedad en las respuestas del tipo párrafos escritos. El trabajo evidencia que los estudiantes que no pueden escribir claramente, sin embargo, tienen capacidad para entender las posiciones de sus compañeros. Los resultados apoyan el desarrollo de instrumentos que se fundan en datos empíricos de visiones o conocimientos de los estudiantes, más que instrumentos estructurados basados solamente en las abstracciones filosóficas de los profesores de ciencias.

AIKENHEAD, G.S., 1988. *An Analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics*, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 25(8), pp. 607-629.

En este trabajo realizado con estudiantes de escuelas secundarias en Canadá sobre las ideas de los mismos en materia de ciencia y tecnología y el origen de esas ideas y creencias, se puso de manifiesto que la TV tenía más influencia en los estudiantes sobre sus ideas de CTS que varios cursos de ciencias. Por otra parte, el estudio documentó la crítica de que la enseñanza de la ciencia ignora el contexto social y tecnológico de la ciencia auténtica. El estudio también prevé pautas para los esfuerzos que tendrá que realizar en el futuro el profesorado sobre las ideas de los estudiantes en materia de ciencia, tecnología y sociedad.

AIKENHEAD, G.S., FLEMING, R.W., y RYAN, A.G., 1987. *High-School graduates' beliefs about Science-Technology-Society. I. Methods and issues in monitoring student views*, *Science Education*, 71 (2), Vol. pp. 145-161.

Se describe el alcance y la metodología de una extensa investigación con intención de obtener una opinión sobre CTS analizando los resultados obtenidos de una muestra de graduados de escuelas superiores de Canadá. Se analizan los resultados de la investigación obtenida usando instrumentos contruidos especialmente. Se discuten colectivamente los resultados identificados en los análisis publicados en tres artículos dedicados a la documentación sobre los tópicos en temas de CTS de los estudiantes canadienses. Los resultados más importantes se refieren a los problemas respecto a la capacidad del instrumento VOSTS (Views on Science-Technology-Society) del instructor. Se propone la revisión del instrumento VOSTS: 1) utilizando muestras más grandes en el dominio de CTS, 2) introduciendo entrevistas semiestructuradas, 3) utilizando programas de respuestas de elección múltiple.

AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G., 1992. *The development of a new instrument: «Views on Science-Technology-Society» (VOSTS)*, *Science Education*, Vol. 76 (5), pp. 477-491.

RYAN, A.G. y AIKENHEAD, G.S. 1992. *Students' preconceptions about the epistemology of science*, *Science Education*, Vol. 76 (6), pp. 559-580.

En el primer artículo se describe el desarrollo de un nuevo instrumento de investigación que evalúa las visiones de los estudiantes de una amplia selección de temas CTS (VOSTS). El segundo artículo, explica cómo este instrumento ilumina las visiones de los estudiantes de secundaria en algunos temas relacionados con la epistemología de la ciencia. En las conclusiones del primero se señala que este instrumento revela las visiones de los estudiantes en CTS más claramente que las respuestas escritas por ellos y mejor que las respuestas de Likert-type. VOSTS es un conjunto de 114 ítems de elección múltiple desarrollados empíricamente en un período de seis años con estudiantes de grados 11 y 12 de Canadá, que se presenta como una nueva generación de instrumentos de investigación. Se constata que es eficaz para profesores en su aula y en las investigaciones. Los profesores descubren los ítems de VOSTS para ayudar al comienzo de las discusiones en las clases, sobre temas de CTS, así como para elegir grupos de estudiantes homogéneos para trabajar en proyectos de CTS. El segundo artículo explica las respuestas de estudiantes de los dos últimos cursos de secundaria, correspondientes a la quinta fase del proceso VOSTS, sobre temas de epistemología de la ciencia: significado de ciencia, asimilación de conceptos científicos, valores en ciencia, método

científico y características del conocimiento producido en ciencia. Los resultados son de enorme interés ya que revelan preconcepciones de los alumnos.

BEN-CHAIM, D. y ZOLLER, U., 1991. *The STS outlook profiles of Israeli high-school students and their teachers*, *Int. J. Science Education*, Vol. 13 (4), pp. 447-458.

Las diferentes posiciones entre estudiantes y profesores en CTS en escuelas secundarias en Israel se establecen en términos de tres categorías: 1) visiones/ posiciones, 2) creencias y actitudes, 3) conocimientos. Se pone de manifiesto que hay diferencias significativas entre los perfiles de CTS de las tres tendencias en las categorías 2 y 3, pero no en la 1, así como también se observan diferencias entre los perfiles de CTS de los estudiantes y sus profesores entre 1 y 2, pero no en 3. Se constatan diferencias menores entre las respuestas de CTS de los profesores de ciencias y los que no son de ciencias en la categoría 2 sólo. Estos resultados confirman las predicciones basadas en estudios anteriores y sugieren que debería hacerse un esfuerzo especial en el área de conocimientos de CTS, en materia de enseñanza de CTS a alumnos y en programas de formación del profesorado.

BOYER, R. y TIBERGHEN, A., 1989. *Las finalidades de la enseñanza de la física vista por profesores y alumnos franceses*, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7 (3), pp. 213-222.

Los profesores y alumnos muestran representaciones complejas y a veces ambivalentes de la enseñanza de las ciencias físicas. La mayoría de ellos ponen de relieve un modelo educativo centrado en la transmisión de conocimientos. Muchos de los profesores son conscientes de apagar la curiosidad de los alumnos y no promover el gusto por su disciplina. Las ciencias físicas constituyen la materia menos apreciada en los liceos y muchos de los estudiantes señalan que la utilización del saber enseñado en estas ciencias es limitado a futuros estudios científicos, sin objeto fuera de este contexto. Llevados a elegir entre dos orientaciones de las ciencias físicas, los alumnos han expresado una demanda de formación de individuos aptos para comprender su entorno, más que de futuros científicos. El 75 % de los alumnos desean la explotación en clase de cuestiones científicas de actualidad, de temas de emisiones de TV, visitas a fábricas, laboratorios y exposiciones científicas. Estos resultados hacen urgente la profundización de la reflexión sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias a nivel secundario.

BYBEE, R.W., 1987. *Science Education and the Science-Technology-Society (STS) theme*, *Science Education*, Vol. 71 (5), pp. 667-683.

El debate profesional sobre la definición de la enseñanza de la ciencia y el tema CTS se puede caracterizar como una dialéctica de la tesis original de Yager (1984) y la antítesis presentada por Kromhout y Good (1983) y Good y otros (1985). En este trabajo se revisan y critican las posiciones respectivas, considerando que ambas tienen aspectos válidos y debilidades identificables. Se intentó una síntesis para identificar la enseñanza de la ciencia como un subsistema de la educación. Se propone la inclusión de objetivos relativos al cumplimiento de las aspiraciones y necesidades personales y sociales como objetivos de la educación y, consecuentemente, educación científica, apoyando la presencia de los temas CTS en la enseñanza de la ciencia.

CARAVITA, S. y GIULIANI, G., 1989. *L'éducation a l'environnement en Italie dans le cadre des initiatives extra-scolaires des administrations locales et des associations*, *Aster*, 9. *Les sciences hors de l'école*.

La enseñanza en temas de medio ambiente en las escuelas italianas se realiza cada vez más en interacción con las iniciativas extraescolares llevadas a cabo por las administraciones locales y las asociaciones nacionales para la protección del entorno. El modelo tradicional de enseñanza se transforma necesaria y profundamente. Se plantea que una educación científica útil al ciudadano, que permite utilizar el saber de forma consciente, se define por diferentes parámetros: capacidad de comprender los procesos sobre los que se basa la construcción científica, capacidad de establecer una relación entre ciencia, tecnología y sociedad, y capacidad de estimar las consecuencias éticas del progreso científico.

CATALAN, A. y CATANY, E., 1986. *Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: el papel de la historia*, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), pp. 163-166.

Se propone ligar la enseñanza de las ciencias, entendida dentro de la educación científica, con determinados valores, ya que —señalan— renunciar a ello no significa que éstos no se transmitan. Se hace igual pero involuntaria o implícitamente. Deberá proponerse el desarrollo de una actitud crítica respecto a la realidad y sus interpretaciones. Se propone aprender en la realidad, recuperar desde la experiencia colectiva el conocimiento de todo el difícil proceso histórico implicado en la generación de la ciencia, in-

vestigando la trama económica, política y social que forma parte indistinguible del proceso científico; y utilizar el medio ambiente como escenario físico resultante de unas relaciones de poder.

CHEN, D. y NOVIK, R., 1984. *Scientific and technological education in an information society*, *Science Education*, Vol. 68 (4), pp. 421-426.

Es necesario modificar la enseñanza de las ciencias por los cambios habidos en la sociedad, por el enorme desarrollo científico y tecnológico, por las transformaciones en la estructura social, política y cultural. El objetivo principal de la enseñanza de las ciencias debería extenderse más allá de los contenidos científicos, como la tecnología y su relación con la sociedad. Esto puede hacerse introduciendo un curso de acción que traerá el reconocimiento de la ciencia y la tecnología como un modo de resolver los problemas existenciales de la humanidad y como un peligro para la sociedad y el medio ambiente. Plantean el reconocimiento de la contribución del proyecto curricular «Ciencia y Tecnología en el contexto humano» de la Universidad de Tel-Aviv bajo el que se desarrolló el trabajo.

DREYFUS, A., 1992. *Content analysis of school textbooks: the case of a technology-oriented curriculum*, *Int. J. Science Education*, Vol. 14 (1), pp. 3-12.

Un currículo orientado tecnológicamente es un currículo que enseña una disciplina científica en un contexto tecnológico. El conocimiento científico fundamental se presenta en el contexto de las aplicaciones tecnológicas y muchas veces en el de las implicaciones socioeconómicas. Los currículos de este tipo tienen una cierta afinidad con los desarrollados en la perspectiva de ciencia, tecnología y sociedad (CTS). ¿Los libros de texto escolares que acompañan semejantes programas serían diferentes de los que se usan en programas «convencionales»? Para contestar esta cuestión es necesario: 1) examinar la definición convencional de libro de texto, 2) redefinir el papel del libro de texto acorde con la propuesta de desarrollo curricular, 3) diseñar un sistema de análisis de textos adaptado a las nuevas definiciones, 4) aplicar este sistema a un currículo específico de orientación tecnológica.

DUFFEE, L. y AIKENHEAD, G., 1992. *Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge*, *Science Education*, Vol. 76 (5), pp. 493-506.

La propuesta de este artículo es explorar cómo los profesores toman sus decisiones sobre la evaluación de los alumnos respecto a nuevos contenidos relacionados con la enseñanza de la ciencia alrededor de temas de ciencia tecnología y sociedad (CTS). El objetivo de este estudio es examinar las razones de los profesores de ciencias para usar o no ciertas prácticas de evaluación con la intención de asesorar a los estudiantes en tres áreas de CTS: 1) naturaleza de la ciencia; 2) interacciones ciencia, tecnología sociedad; 3) valores que subyacen en la ciencia. Estas áreas nuevas del currículo se definieron por el departamento provincial de educación para alumnos del grado 10. Se recogen los resultados de la evaluación de seis profesores, poniendo de manifiesto cómo sus decisiones en la evaluación y en sus clases están influidas por las creencias y valores personales de los propios profesores.

EIJKELHOF, H. y LIJNSE, P., 1988. *The role of research and development to improve STS education: experiences from the PLON project*, *Inter. J. Science Education*, Vol. 10 (4), pp. 464-474.

Este trabajo explica cuatro estados de un ciclo de investigación y desarrollo basados en experiencias de un proyecto holandés de desarrollo curricular de física (PLON), en el que se integran aspectos de CTS. Los autores están convencidos de que la enseñanza en CTS necesita también estudios de investigación profundos para sobrevivir. Se mencionan dos temas importantes. Uno es la legitimación de contenidos específicos (conceptos científicos y contextos personales y sociales) de los currículos CTS. El segundo tema se refiere a las ideas de personas no relacionadas con la ciencia sobre conceptos científicos que se consideran importantes para ser usados por los alumnos en contextos personales y sociales. Como ejemplo de un programa de investigación actual se describe el aprendizaje para evaluar los riesgos de la radiación ionizante.

FENSHAM, P.J., 1988. *Approaches to the teaching of STS in science education*, *Int. J. Science Education*, Vol. 10 (4), pp. 346-356.

El movimiento en CTS es un movimiento en la enseñanza secundaria que trata de llevar la enseñanza de las ciencias de los estudiantes de estos niveles más cerca de sus necesidades como miembros de sociedades cada vez más desarrolladas tecnológicamente. Desde la mitad de la década de los setenta se han producido dos desarrollos paralelos en la enseñanza de la ciencia. El primero concierne a una concepción evolutiva de las formas en

que las interacciones CTS se relacionan con la enseñanza de la ciencia. El segundo es el desarrollo de textos y materiales curriculares que suministran ayuda al profesorado que enseña ciencia teniendo en cuenta las relaciones CTS. El artículo explica estos dos desarrollos y los acerca usando la epistemología del primero para clasificar las variedades de materiales curriculares ahora disponibles.

FINSON, K.D. y ENOCHS, L.G., 1987. *Student attitudes toward science-technology-society resulting from visitation to a science-technology museum*, *Journal of Res. in Science Teaching*, Vol. 24 (7), pp. 593-609.

Los resultados del trabajo indican que existen diferencias significativas en las actitudes de los estudiantes que visitan y los que no visitan museos de ciencia y tecnología y también según los diferentes niveles de la escuela y el haber tratado en la clase anteriormente experiencias con CTS. No había diferencias significativas entre otros factores. Una posible conclusión es que debería usarse la pedagogía elemental antes y durante las visitas al museo, así como en la clase. Los resultados del estudio indican que los estudiantes que visitan los museos desarrollan actitudes más positivas hacia las interacciones CTS.

FLEMING, R., 1987. *High-school graduates' beliefs about Science-Technology-Society. II. The Interaction among science, technology and society*, *Science education*, Vol. 71 (2), pp. 163-186.

En este trabajo se pretende dar respuesta a preguntas como: ¿Qué visión tienen los alumnos de secundaria de la naturaleza de las interacciones CTS? ¿Cuál es el papel jugado por la ciencia y la tecnología en la calidad de vida? ¿Es posible el control social de la dirección de la investigación científica y el desarrollo tecnológico? Específicamente, se muestra la respuestas de estudiantes canadienses al ítem 1 y a los ítems 6 a 12 de «Views on Science-Technology-Society (VOSTS)». Estos ítems se centran en la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad. Los estudiantes han señalado una mayor interacción entre ciencia y sociedad por una razón, la ciencia informaría a la sociedad en el sentido de resolver temas sociocientíficos, temas que los estudiantes perciben como problemas técnicos, pero la sociedad informaría a la ciencia en términos de ciencia política como guías de programas de investigación. La formulación política para un programa de investigación no se percibe como un tema sociocientífico.

FLEMING, R., 1988. *Undergraduate science students' views on the relationship between Science, Technology and Society*, *Int. J. Science Education*, Vol. 10 (4), pp. 449-463.

Este estudio examina las visiones de los estudiantes de ciencias aún no graduados sobre la naturaleza de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Doscientos estudiantes respondieron a los ítems del instrumento VOSTS-CDN 2. Basándose en sus respuestas se realizaron entrevistas enfocadas hacia el tema de la naturaleza de la ciencia y el papel de la ciencia en nuestra sociedad. Los resultados indican que la visión de los estudiantes de ciencias es similar a las de los graduados de enseñanza secundaria. Se discuten así mismo las implicaciones de CTS en la formación de los profesores. Hay pocos motivos para esperar que los profesores tengan visiones de CTS diferentes de las de sus alumnos, aunque no sucede así en los nuevos profesores que tienen un repertorio pedagógico establecido, que les permite mejorar sus conocimientos en estudios sociales de la ciencia y por otra parte les ofrece la oportunidad para practicar sus capacidades de enseñanzas necesarias en la enseñanza de CTS.

FLEMING, R., 1989. *Literacy for a technological age*, *Science Education*, 73 (4), Vol. pp. 391-404.

En los últimos tiempos se ha generado y desarrollado un sentimiento ambivalente entre la tecnología y su papel social, contraponiendo una visión anterior «optimista» basada en la idea primaria de la tecnología como instrumento de prosperidad económica, con un rechazo a productos de la llamada era tecnológica y sus consecuencias, generándose vigorosos debates sobre temas como la manipulación genética, la energía nuclear, la contaminación, etc. Se plantea que, la comprensión de los temas sociales circundantes con la tecnología, requieren la formación tecnológica de las personas. Deben ser tenidos en cuenta una serie de requisitos para que la gente pueda examinar la tecnología críticamente, que deberán ser el centro de su formación: desarrollar como objetivo el conocimiento tecnológico, entender sobre la naturaleza del conocimiento científico y desarrollar capacidades para tomar decisiones en una sociedad tecnológica.

GAGLIARDI, R., 1988. *Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias*, *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 6 (3), pp. 291-296.

Se señala la importancia y motivos de la utilización de la historia de las ciencias y

la epistemología en la enseñanza de las ciencias como una forma posible de mejorar la enseñanza, permitiendo comprender cuáles son las principales teorías actuales y cuáles han sido los obstáculos que trabaron la aparición y el desarrollo de una ciencia. Es importante que los alumnos comprendan la complejidad—con sus interacciones—de la sociedad humana, lo que significa una visión que integra la historia, la economía, la geografía, la tecnología y la ciencia como parte de un sistema complejo de producción y reproducción de conocimientos y técnicas de transformación de la naturaleza. La introducción de la historia de las ciencias y la epistemología puede permitir un debate sobre la propia estructura de la ciencia actual, sus relaciones con el poder, su modo de operar, las teorías dominantes, etc. Debate que puede permitir desmitificar la ciencia y aumentar las posibilidades del alumno de participar en la construcción y en el control de los conocimientos.

GIL, D. y SOLBES, J., 1988. *L'introduction aux Sciences de la Nature comme un élément essentiel de la culture de notre temps*, *Actes 10èmes Journées Internationales sur l'éducation scientifique*.

En este trabajo se estudia cuál puede ser la orientación de un curso de ciencia para no científicos, que permita combatir el creciente rechazo hacia la ciencia y su aprendizaje en los futuros ciudadanos, tratando al mismo tiempo de dar una visión correcta de la naturaleza del trabajo científico y de las complejas relaciones CTS. Se plantea que la discusión sobre el papel social de la ciencia y el mito de la neutralidad del científico, los momentos críticos en la historia de las ciencias—que muestran el carácter de verdadera aventura del desarrollo científico—y la participación en la toma de decisiones puede devolver a la enseñanza de la ciencia toda la vitalidad del propio desarrollo científico, contribuyendo a una actitud positiva (críticamente positiva) hacia la ciencia y su aprendizaje.

GILBERT, J.K., 1992. *The interface between science education and technology education*, *Int. J. Science Education*, Vol. 14 (5), pp. 563-578.

Este artículo refleja la importancia creciente de la educación tecnológica en los currículos de la escuela en el mundo. Se discuten la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia. Se presentan una serie de modelos para enseñanza tecnológica, específicamente «enseñanza en tecnología», «enseñanza sobre tecnología» y «enseñanza para la tecnología», explorándose la contribución de la enseñanza de la ciencia para estos modelos.

Se identifican una serie de preguntas y amplias investigaciones, que apoyan unas relaciones más efectivas entre enseñanza de las ciencias y enseñanza de la tecnología.

HART, E.P. y ROBOTOM, I.M., 1990. *The Science-Technology-Society. Movement in Science Education: a critique of the reform process*, *Jou. of Res. in Science Teaching*, Vol. 27 (6), pp. 575-588.

Los cambios en la sociedad y en ciencia y tecnología han forzado un replanteamiento de lo que es «básico» en enseñanza de las ciencias. La existencia de una desconexión entre la ciencia escolar y la realidad de una sociedad orientada científica y tecnológicamente ha provocado propuestas en direcciones nuevas en enseñanza de las ciencias. Se examina en particular el movimiento CTS así como la necesidad de buscar otras posibilidades de reforma. Deben investigarse nuevos métodos, basados en la reflexión crítica, en la investigación en la que participen estudiantes y en el desarrollo de currículos de ciencias. La enseñanza en CTS es uno de los movimientos que intentan y proponen conectar los programas de la ciencia en la escuela con la realidad de la vida. Proponen que para vivir en la sociedad democrática los ciudadanos deben conocer las relaciones CTS. Los objetivos de las propuestas CTS parecen potencialmente capaces de transformar la ciencia en la escuela a una forma epistemológicamente más coherente y con más sentido de enseñanza de las ciencias.

HLEBOWITSH, P.S. y HUDSON, S.E., 1991. *Science Education and the reawakening of the general education ideal*, *Science Education*, Vol. 75 (5), pp. 563-576.

Hay que aprender ciencia para ser un ciudadano de una sociedad real. El principal objetivo de la enseñanza general en la enseñanza secundaria es atraer a los alumnos a un discurso de un universo común, que promueve el desarrollo de ciudadanos responsables de la sociedad. Se trata de demostrar que los temas de la enseñanza general están cambiando, restableciendo la teoría y la práctica de la enseñanza de la ciencia secundaria. Parte de este restablecimiento se plantea en dos cursos de reforma de enseñanza de las ciencias. Uno basado en iniciativas de CTS y otro en las recomendaciones de reforma del proyecto 2061. Los dos tienen como objetivo de interés hacer que la enseñanza de las ciencias tenga más sentido y sea más aplicable a la vida de los jóvenes, no simplemente a los que piensan estudiar una carrera de ciencias. El origen de las orientaciones CTS es el

estudio «Harms' Synthesis Study» (1981) y el movimiento NSTA (1982). El proyecto 2061 tiene una historia más reciente y es apoyado por la «American Association for the Advancement of the Sciences».

HODSON, D., 1987. *Social control as a factor in science curriculum change*, *Int. J. Science Education*, Vol. 9(5), pp. 529-540.

El currículo de ciencias de la escuela actual puede ser visto como el producto final de un proceso que evoluciona uniformemente o como el resultado de una serie de decisiones elaboradas por individuos poderosos. Apoyándose en una amplia bibliografía, desarrolla la tesis de que un currículo está siempre sociopolíticamente determinado, aunque los diseñadores no sean conscientes siempre de dicha influencia. Para el desarrollo del currículo de ciencias hay que tener en cuenta dos aspectos de interés: seleccionar adecuadamente lo que se quiere incluir y que sea apropiado para la ciencia en la escuela y para grupos diferentes, de distintas habilidades y diferentes clases sociales. Las propuestas de currículo de ciencias representan una visión particular de la ciencia, de la actividad científica y de la sociedad, poniendo en cuestión la creencia de que las influencias de los intereses e ideologías dominantes se ejercen exclusivamente sobre las ciencias sociales y no sobre «materias objetivas» como las ciencias.

HODSON, D., 1992. *In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education*, *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 14 (5), pp. 541-562.

Este artículo examina la validez filosófica de las demandas para la integración conceptual y metodológica de las ciencias y busca las posibilidades para construir cursos de ciencia coherentes, basados en la alternativa de elementos integradores, apoyados en la teoría de la educación. Se plantea la posibilidad de usar temas de ciencia, tecnología y medio ambiente como principio integrador, y hasta qué punto un currículo basado en temas que implican crítica social y educación para el conocimiento político es algo conveniente, señalando que las implicaciones políticas son las más rechazadas. Restringir el currículo a algo basado en temas de consideraciones científicas y técnicas sería visto por muchos como seguro políticamente, por su supuesta posición neutral, pero en la realidad no lo es por sus implicaciones, ya que apoya prácticas sociales, instituciones y valores actuales.

HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G. y RIQUARTS, K., 1988. *Discussions over STS at the Fourth IOSTE Symposium*, *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 10(4) pp. 357-366.

Este trabajo resume los asuntos principales discutidos en el cuarto simposio de IOSTE (International Organization for Science and Technology Education) celebrado en el IPN de Kiel en agosto de 1987, sobre el desarrollo, ejecución e investigación en el área de CTS. Durante los últimos veinte años, los profesores de ciencias han ganado mucho en formación sobre investigación y desarrollo de los nuevos currículos de ciencias. Se piensa que estos conocimientos deberían guiar a los profesores cuando se embarcan en la época de CTS. Específicamente se considera necesario: 1) reforzar la red de apoyo entre los investigadores de CTS; 2) establecer un sistema de recogida de ideas, temas, materiales y métodos a utilizar en cursos de CTS por todo el mundo; 3) promover flexibilidad en el currículo de ciencias para que las ideas y temas de CTS puedan ser una parte integrada de un curso de ciencias; 4) formar profesores para el desarrollo de materiales relevantes; 5) asegurar que CTS será una parte integral de educación terciaria en los cursos de ciencia en general, y en la formación de profesores de ciencia en particular.

JIMÉNEZ, M.P. y OTERO, L., 1990. *La ciencia como construcción social*, *Cuadernos de Pedagogía*, 180, pp. 20-22.

De la consideración de la importancia de la ciencia en la formación integral de las personas, de gran relevancia en la vida cotidiana, se deriva una nueva forma de enseñar y de aprender ciencias en las que jugará un importante papel las relaciones entre la ciencia y la sociedad. El que la ciencia sea una construcción social implica que el progreso científico discurre en una u otra dirección según el tipo de sociedad en que se desarrolla. Sin embargo la imagen que la enseñanza transmite del conocimiento científico está cargada en general de estereotipos, desde la propia presentación de las teorías científicas que se hace sin conexión con los problemas que trataban de resolver, hasta promover una visión inductista del trabajo científico. En su opinión deben incluirse contenidos que: tiendan a desarrollar la comprensión de las tecnologías básicas, promuevan el desarrollo de actitudes críticas frente a las aplicaciones tecnológicas, favorezcan una reflexión sobre los criterios seguidos para la toma de decisiones, etc.

LAYTON, D., 1988. *Revaluating the T in STS*, *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 10 (4) pp. 367-378.

En este trabajo se señala que la T de CTS ha sido frecuentemente considerada por debajo de la ciencia, la S considerada en primer lugar. Se discute el reconocimiento de la tecnología como un igual y autónomo frente a la ciencia y no como algo subordinado, como un departamento de la ciencia. Se plantea la unidad del conocimiento tecnológico que se caracteriza por orientarse estructuradamente hacia la práctica concreta.

McFADDEN, C.P., 1991. *Towards an STS school curriculum*, *Science Education*, Vol. 75 (4), pp. 457-469.

La experiencia de los proyectos curriculares de Canadá de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) se presenta en este trabajo como una indicación de los problemas que probablemente se producen al intentar introducir el currículo CTS por etapas, poco sistemáticamente. Estos problemas incluyen el excesivo currículo escolar y la reducción del tiempo para conceptos científicos y desarrollo de capacidades. Se piensa que estos problemas socabarán la credibilidad y aceptabilidad por mucho tiempo de las propuestas CTS. Se plantea que sólo una reforma coordinada del currículo escolar completo puede tener resultados, que todos los aspectos relacionados con la ciencia del currículo puedan dirigirse, sin falta de atención, a conceptos científicos y desarrollo de capacidades.

MARTIN, B., KASS, H. y BROUWER, W., 1990. *Authentic Science: a diversity of meanings*, *Science Education*, Vol. 74 (5), pp. 541-554.

Los autores son partidarios de la introducción de las relaciones CTS en los currículos, aunque comentan que esto puede conducir a presentar una imagen no auténtica de la ciencia, dada la ambigüedad y confusión que este término puede comportar. Entre las variadas facetas que se indica que pueden contribuir a la búsqueda de un retrato auténtico de la ciencia, señalan no sólo los aspectos de historia de la ciencia y de tecnología y la reflexión sobre el conocimiento científico, sino también la «fidelidad metodológica», el promover la vivencia de la ciencia por los propios estudiantes (ciencia personal), la comunicación de conocimientos y métodos de la ciencia (ciencia pública), presentación una «ciencia histórica» como la mejor manera de mostrar la naturaleza tentativa del conocimiento científico, los valores constitutivos de la propia ciencia, su contexto social en las relaciones ciencia-sociedad y las influencias mutuas ciencia-tecnología.

MILLAR, R. y WYNNE, B., 1988. *Public understanding of science: from contents to processes*, *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 10 (4), pp. 388-398.

El trabajo plantea que es importante considerar el conocimiento de las personas, no expertas en ciencias, sobre los procesos internos de la ciencia, es decir, la naturaleza del conocimiento científico y los tipos de información que la ciencia puede proporcionar. Señala que la visión del conocimiento científico que muchas personas pueden tener no les ayuda a interpretar y superar con éxito temas de CTS y así se observan diferencias en las reacciones públicas frente al accidente del reactor nuclear de Chernovil entre «expertos» y «laicos». Se discute así mismo el papel que la enseñanza de la ciencia formal juega en sostener una visión inútil de la ciencia, así como algunas implicaciones que tienen lugar en la práctica.

MITCHENER, C.P. y ANDERSON, R.D., 1989. *Teachers' perspective: developing and implementing an STS curriculum*, *J. of Res. in Science Teaching*, Vol. 26 (4), pp. 351-369.

Se plantea un estudio sobre las concepciones de profesores de enseñanza secundaria sobre un modelo de currículo de CTS, diseñado para mejorar y promover el conocimiento científico. Aunque las decisiones de los profesores sobre qué aceptar, cambiar o retirar del currículo CTS variaron, comparten actitudes o preocupaciones similares sobre el desarrollo y la implantación de este currículo multidisciplinar. El trabajo ilumina sobre cómo los profesores de ciencia perciben el currículo CTS y la influencia de sus concepciones sobre sus decisiones didácticas. Se explora, así mismo, sobre temas curriculares desde la perspectiva de los profesores, lo que se considera el factor principal para la implantación de las innovaciones con éxito.

NEWTON, D.P., 1987. *A framework for humanised physics teaching*, *Phys. Educ.*, 22, pp. 85-90.

En los años 70, en la enseñanza de la física parece faltar el elemento vital, y al mismo tiempo se reconocía cada vez más que la enseñanza de la física tenía tres vertientes: enseñar en física, enseñar a través de la física y sobre la física. La primera de estas vertientes es en la que tradicionalmente los profesores de física gastan sus energías y las demás solían ser ignoradas en general. En los 80 esta preocupación todavía parece tener poco impacto sobre la forma de enseñar física. Algunos cursos desarrollados, como SISCON (Williams 1975) o Ciencia en

Sociedad (Lewis 1978), no tuvieron una gran difusión entre los profesores de física. Son muchas y complejas las razones de esto. Una podría ser la forma de expresar los objetivos de la enseñanza de la ciencia humanizada, en términos abstractos y descoordinados. Sin embargo los profesores de ciencias están animados para hacer sus cursos «outward looking» (ligados al exterior), para dar una visión completa de la ciencia y desarrollar una actitud más favorable en los estudiantes para actuar éticamente y ver la relevancia social de todo lo que ellos hacen.

PENICK, J.E. y YAGER, R.E., 1986. *Trends in Science Education: some observations of exemplary programmes in The United States*, *European Journal of Science Education*, Vol. 8 (1), pp. 1-8.

Se exponen cuatro tendencias fundamentales de la enseñanza de las ciencias que cabe esperar que ejerzan una influencia efectiva. En primer lugar señalan las implicaciones crecientes de las comunidades locales en el desarrollo de los programas y de la instrucción: trabajo de estudiantes junto a investigadores, seminarios impartidos por investigadores, etc. En segundo lugar indican que las relaciones CTS están convirtiéndose en un foco central de la enseñanza; hasta los diseñadores de programas señalan que la ciencia sin sus implicaciones sociales no significa mucho ni para los estudiantes ni para los ciudadanos. Con la orientación CTS, los estudiantes identifican problemas de la vida real, formulan soluciones y estrategias y toman decisiones para la acción. Se refieren también a la importancia de la modificación de los trabajos prácticos y, por último, se refieren al rechazo generalizado de los estudiantes norteamericanos hacia las ciencias físicas, señalando que los programas más aceptados se basan en una orientación cualitativa, alejada del habitual operativismo mecánico.

POLO, F. y LÓPEZ, J.A., 1987. *Los científicos y sus actitudes políticas ante los problemas de nuestro tiempo*, *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pp. 149-156.

Se señala la importancia creciente en los últimos años dada al estudio y la enseñanza de la historia de la ciencia, indicando aspectos de la misma en los que se debe incidir de forma principal: desarrollo de la ciencia como actividad cultural, ciencia y tecnología, ciencia y supervivencia, ciencia y conciencia social. Se trata de no enseñar las materias científicas disociadas de la génesis de sus modelos y teorías, de llegar al análisis y comprensión de las relaciones ciencia-sociedad en diferentes épocas históricas, de estu-

diar las fuerzas sociales que han promovido o perturbado la enseñanza del saber y de considerar los componentes políticos y económicos de la ciencia. Se trata en esencia, de no rechazar las facetas educativas y humanísticas de las asignaturas científicas. Se presenta un trabajo realizado por alumnos de COU como proyección de temas monográficos desarrollados y que abarcaban: movimientos ecológicos y centrales nucleares, tecnología y armamento desde la prehistoria hasta nuestros días y los métodos físicos y químicos en la medida del tiempo.

RAMPAL, A., 1992. *Images of Science and scientists: a study of school teachers' views. I. Characteristics of scientists*, *Science Education*, Vol. 76 (4), pp. 415-436.

Se analiza la situación en la India en temas de CTS. Se plantea que no existen cursos estructurados formalmente como CTS en las escuelas, pero existen iniciativas y movimientos en esa línea, como «The Hoshangabad Science Teaching Program» (HSTP), currículo innovador para el grado 6-8 (alumnos de 12 a 14 años), que se analiza en el trabajo. Los cuestionarios desarrollados en el estudio han sido un camino para iniciar un diálogo con profesores en temas básicos de CTS. Ha conducido en primer lugar a la exploración de las visiones y creencias de los profesores alrededor de temas CTS y también a hacer posible la definición del avance en áreas que conciernen, tanto a la formación del profesorado como a las discusiones estructuradas o materiales de lectura.

ROBOTTOM, I., 1989. *Social critique or social control: some problems for evaluation in environmental education*, *J. of Res. in Science Teaching*, Vol. 26 (5), pp. 435-443.

La educación medioambiental se plantea en general como una rama de la enseñanza de la ciencia que necesita un soporte de investigación en temas que tienen muchas implicaciones relacionadas con la intervención humana en el mundo natural. Los orígenes de la enseñanza en medio ambiente están en el terreno de lo socio-político, de la preocupación de la comunidad por la explotación del medio. Plantea el tema de la conveniencia de aproximar la ciencia aplicada a la evaluación en enseñanza medioambiental. El pensamiento tecnocrático puede ser inapropiado para la innovación de la enseñanza medioambiental por su inhabilidad para tratar con cuestiones en las que haya que realizar una valoración. Se señala que dicho pensamiento es posiblemente contrario a la noción central de enseñanza medioambiental de educación, de crítica

social. Existen otros modos de enfocar la evaluación, aproximaciones que no son técnicas distintas sino defendidas por diferentes epistemologías.

ROSENTHAL, D.B., 1989. *Two approaches to Science-Technology-Society (STS) education, Science Education, Vol. 73 (5), pp. 581-589.*

Se analizan dos enfoques para la enseñanza de las interacciones CTS, el primero centrado en el tratamiento de problemas sociales y el segundo focalizado en los problemas sociales de la ciencia, indicando las ventajas e inconvenientes de cada enfoque. Las personas con una comprensión básica general de las relaciones entre CTS pueden estar mejor preparadas para tratar con los problemas sociales del futuro que aquellas que sólo se les ha enseñado problemas específicos CTS. Sin embargo la inclusión de los aspectos sociales de la ciencia se percibe como menos compatible con la organización y secuenciación de los cursos de ciencia en la escuela secundaria. Por ello se propone una síntesis de los dos enfoques, que podría ofrecer una variedad de formas distintas de conceptualizar las enseñanzas CTS, utilizando los problemas sociales como vehículos para enseñar los aspectos sociales de la ciencia.

RYAN, A.G., 1987. *High-school graduates' beliefs about Science-Technology-Society. IV. The characteristics of scientists, Science Education, 71 (4), pp. 489-510.*

Explica las respuestas de una muestra de graduados de una escuela secundaria canadiense a las preguntas sobre: 1) las relaciones entre científicos y el fruto de su trabajo, 2) los resultados de las investigaciones científicas dirigidas a un público general, 3) concepciones de los estudiantes sobre la honestidad y objetividad de los científicos, 4) la distribución desigual del género en los científicos de Canadá. Todos los temas están inmersos en las diferentes visiones que tienen los estudiantes sobre los científicos: por un lado como maníacos de bata blanca, por otro como seres humanos como ellos mismos. Por otra parte no distinguen entre ciencia y tecnología, tienen tendencia a verlas como tecnociencia integrada. Para ellos, investigaciones científicas quiere decir investigaciones médicas y en menor medida investigaciones agrícolas y del medio ambiente.

RYAN, A.G., 1990. «Plus ça change»: Los efectos de la región, número de asignaturas de ciencias cursadas y sexo sobre la opinión de los estudiantes cana-

dienses en cuestiones de Ciencia, Técnica y Sociedad, *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 8 (1), pp. 3-10.*

En 1985 se publicaron los resultados de una gran investigación canadiense realizada con estudiantes de secundaria sobre sus opiniones en temas de CTS. En este artículo, se presenta una segunda fase de análisis en el que se examinan las respuestas para juzgar la forma en que varían según la región en que realizaban sus estudios, cuántos cursos de ciencias estaban haciendo al realizar la investigación y el sexo. Los resultados muestran con seguridad que los tipos de respuestas parecen depender muy poco de los aspectos señalados, por lo que el análisis no señala ninguna conclusión significativa, sino que da indicaciones sobre áreas donde una mayor investigación podría resultar fructífera.

SÁNCHEZ RON, J.M., 1988. *Usos y abusos de la historia de la física en la enseñanza, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 6 (2), pp. 179-188.*

Se señala el auge considerable de la historia de la ciencia y en particular de la historia de la física en los últimos años, así como el debate relativo a la conveniencia o no de incluir la historia de las ciencias en la enseñanza. Las ventajas asociadas a la introducción de la historia de la ciencia en la «historia general» son numerosas, ya que mejora la imagen de la historia que se ofrece a los estudiantes teniendo en cuenta que la ciencia y la tecnología han sido dos instrumentos esenciales en el progreso de la humanidad. Se justifica el interés de la introducción de la enseñanza de la historia de la ciencia en la secundaria, no sólo por la consideración de ciencia como actividad humana importante y por ello merecedora de que se estudie su historia, la evolución de sus ideas, experimentos, teorías, etc., sino, sobre todo, por el papel importante de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia. Se señala que la historia de la ciencia tanto internalista como externalista debe figurar dentro de los programas de las facultades de filosofía, en los centros de formación del profesorado de EGB y en estudios de historia, economía, sociología, etc., proponiendo un lugar para la historia de la ciencia en las facultades de ciencias en los dos últimos cursos de carrera y los cursos de doctorado como asignaturas optativas.

SCHIBECCHI, R.A., 1986. *Images of Science and scientists and science education, Science Education, Vol. 70 (2), pp. 139-149.*

Se considera como una continuación de otros trabajos de este autor sobre el tema

de las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje, en este caso de interés por las implicaciones con el tema de la imagen de la ciencia, ya que se muestra la visión desfavorable y distorsionada de la ciencia y de los científicos que se transmite a menudo en los comics, novelas y medios de comunicación. Se señala la necesidad de romper con los estereotipos del científico, situando los estudios de ciencias en un contexto humano, para evitar actitudes negativas hacia la ciencia y dar una imagen más correcta del trabajo científico.

SERRANO, T., 1988. *Actitudes de los alumnos y aprendizaje de las ciencias. Un estudio longitudinal, Investigación en la Escuela, Vol. 5, pp. 29-38.*

Se describen las actitudes de un grupo de alumnos, hacia el aprendizaje de las ciencias y su evolución desde 5º a 8º de EGB, considerando por una parte la actitud hacia el aprendizaje de las ciencias y por otro la actitud hacia la dimensión social de la ciencia. Algunas de las tendencias puestas de manifiesto indican que más años de estudios en estos niveles no erosionan el interés de los alumnos por la ciencia en contraposición con lo que ocurre en otros países. Tampoco parece que el predominio de las clases expositivas y la escasez de trabajos prácticos influyan negativamente en el interés e importancia adjudicada a las ciencias. Se señala por último el interés por detectar cuándo empieza a erosionarse esta actitud y a encontrar los factores que determinan esa erosión.

SOLBES, J. y VILCHES, A., 1989. *Interacciones Ciencia / Técnica / Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 7 (1), pp. 14-20.*

En general, la enseñanza en nuestro país muestra una imagen de la ciencia que no tiene en cuenta aspectos cualitativos de tipo tecnológico, social, histórico, humanístico, etc. Sin embargo, estos aspectos se consideran prioritarios por la ayuda que pueden suministrar para que los alumnos tengan una visión más real de la ciencia y su relación con la tecnología y la sociedad (CTS) y porque hacen más interesante y motivador el estudio de la ciencia, consiguiendo que la enseñanza de las ciencias se transforme en un elemento fundamental para la formación de los ciudadanos, para su activa participación en la sociedad. Se muestran los resultados de un análisis de textos españoles de física y química, usados habitualmente en el ciclo superior de EGB y en BUP y COU, en el que se confirma la imagen deformada de la física y la química que se muestra en la mayor parte de los casos,

desconectada de la realidad, que no tiene en cuenta las interacciones CTS.

SOLBES, J. y VILCHES, A., 1992. *El modelo constructivista y las relaciones Ciencia / Técnica / Sociedad (CTS), Enseñanza de las Ciencias, Vol. 10 (2), pp. 181-186.*

Como consecuencia de la ausencia de las interacciones CTS en la enseñanza, se plantea que la mayor parte de los alumnos tendrán una visión de la ciencia distorsionada y es de esperar que muestren poco interés hacia el estudio de la física y la química y que manifiesten actitudes poco favorables hacia las mismas. Esto es puesto de manifiesto en un trabajo con más de 200 alumnos y alumnas de 15 a 17 años, en el que se pretende detectar, por una parte, cuál es su imagen de la ciencia y los científicos, cuáles son sus ideas sobre relaciones CTS y, por otra parte, qué consecuencias tiene dicha visión respecto al interés y actitud del alumnado hacia las ciencias físico-químicas y su estudio. Se justifica la confluencia de dos líneas de investigación de enorme desarrollo actual, el modelo constructivista y las relaciones CTS, concluyendo que dicho modelo debe incluir los aspectos de relaciones CTS como contenidos de las materias científicas, junto con los contenidos conceptuales y metodológicos, ya que el constructivismo recoge las aportaciones de la filosofía e historia de la ciencia que consideran la ciencia como una actividad humana, como una construcción social y la evolución y el cambio de los conceptos científicos deberán ser tenidos en cuenta en una orientación constructivista de la enseñanza de las ciencias.

SOLOMON, J., 1988. *Science Technology and Society courses: tools for thinking about social issues, Int. J. Sci. Educ., Vol. 10 (4), pp. 379-387.*

Este artículo trata de clarificar los aspectos de CTS y toma de decisiones sociales que son necesarios para este tipo de estudios, para ser coherentes y cumplir las aspiraciones de los que desarrollan el currículo. En un artículo anterior (Solomon 1987, «Social influences on the construction of pupils' understanding of science», *Studies in Science Education*, 14, pp. 63-82) se fundamentaron estos aspectos, señalando la necesidad de relacionar lo social y lo científico, ya que las influencias sociales de todo tipo impregnan tanto la enseñanza de la ciencia como su aplicación. Se explica la utilización de instrumentos para evaluar un curso en CTS o el relativo éxito de los estudiantes implicados en el estudio. Se utilizan instrumentos evaluativos sobre los resultados de algunos estudiantes británicos de

16 y 17 años, que han completado un curso de CTS. Se muestra que sus capacidades de entendimiento social son más grandes que sus conocimientos sobre exploraciones científicas o el carácter social de la tecnología.

SOLOMON, J., 1992. *The classroom discussion of science-based social issues presented on television: knowledge, attitudes and values, Int. J. Sci. Educ., Vol. 14 (4), pp. 431-444.*

Explica los resultados de un proyecto de tres años (DISS) sobre el conocimiento y las ideas de estudiantes sobre la ciencia. Se examina la discusión en pequeños grupos de estudiantes de 17 años que asistieron a cursos de CTS en las escuelas británicas, sobre temas sociales basados en problemas científicos, después de ver un programa sobre el tema a discutir. La investigación mostró que se usaron nociones simples de términos científicos, pero esto era condición necesaria para facilitar la discusión que fue útil para la construcción de conocimientos y los cambios en sus visiones morales y cívicas. Se observaron cambios significativos en las opiniones de los estudiantes sobre temas sociales aunque en direcciones que no se podían prever. Los efectos atribuibles al trabajo de la discusión eran más evidentes en las respuestas abiertas escritas posteriormente por los estudiantes.

TAN, M.C., 1988. *Towards relevance in Science Education: Philippine context, Int. J. Sci. Educ., Vol. 10 (4), pp. 431-440.*

En Filipinas ha sido sustituido el currículo de la enseñanza secundaria para suministrar más oportunidades a los estudiantes, haciendo que lo principal estudiado en clase sea relevante para su vida cotidiana. Bajo el tema ciencia y tecnología, el currículo propuesto integra tecnologías locales relevantes, y su impacto medioambiental, con conceptos científicos. Cuando se considera apropiado se incluyen valoraciones sobre el contexto de actividades científicas y tecnológicas. El currículo es útil para los estudiantes que después estudiarán en la universidad y también para aquéllos que sólo realicen la enseñanza secundaria o no la terminen.

THIER, H.D. y HILL, T., 1988. *Chemical education in schools and the community: the CEPUP project, Int. J. Sci. Educ., Vol. 10 (4), pp. 421-430.*

Este trabajo describe el programa CEPUP relativo a los productos químicos y su utilización. El objetivo del programa es

promover en la gente el conocimiento de la naturaleza de los productos químicos y, a través de él, mejorar el conocimiento de temas relacionados con la química. Está formado por módulos basados en actividades que conectan conceptos y procesos químicos con temas relacionados con la sociedad, para ser usados en escuelas y programas de enseñanza.

WAKS, L. y BARCHI, B.A., 1992. *STS in US school science: perceptions of selected leaders and their implications for STS education, Science Education, Vol. 76 (1), pp. 79-90.*

Se presenta en primer lugar cómo ha sido la evolución de la enseñanza en CTS en EEUU en los últimos veinte años, las primeras discusiones universitarias sobre los nuevos retos tecnológicos y medioambientales, la participación de diferentes profesores en programas CTS en la universidad y en la enseñanza primaria y secundaria y el impulso que supuso el Project Synthesis Report o la National Science Teachers Association (NSTA). En el trabajo se trató de poner de manifiesto las percepciones sobre temas de CTS que tenían destacadas personalidades del mundo de la educación (Yager, Hurd, Cutcliffe, Bybee entre otros) pertenecientes a diferentes universidades y vinculados a proyectos de CTS. En concreto contestaron a preguntas como: 1) qué se ha conseguido en el movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias y qué falta por conseguir, 2) cómo ha madurado su pensamiento sobre las innovaciones en CTS, 3) qué piensan que deberían hacer los profesionales en esta etapa del proceso innovador, y 4) qué plantean hacer en el futuro para avanzar la enseñanza en CTS en las escuelas.

YAGER, R.E., 1990. *STS: Thinking over the years, The Science Teacher, pp. 52-56.*

Se realiza una revisión de las investigaciones realizadas en CTS, comenzando por los primeros trabajos de 1977 que respondían al objetivo de preparar a los estudiantes para hacer frente a una sociedad cada vez más determinada por el desarrollo científico y tecnológico. Posteriormente se constató que el tema de las interacciones CTS era una de las características de los cursos «excelentes». En la actualidad las investigaciones en CTS ocupan un lugar prioritario en países como Canadá o Estados Unidos. Se muestran las diferencias entre los programas estándar y los de orientación CTS. Frente a la inclusión de CTS como un apartado o un añadido en el currículo, propone un enfoque centrado en los problemas del mundo real, en la vida cotidiana de los alumnos como la conta-

minación, averías, etc., lo que conducirá a los alumnos a buscar más información, incluso fuera de la clase.

YAGER, R.E. y McCORMACK, A.J., 1989. *Assessing teaching/learning successes in multiple domains of science and science education, Science Education, Vol. 73 (1)*, pp. 45-58.

Es difícil aceptar que el aprendizaje real pueda tener lugar aisladamente del mundo real y de las experiencias directas. Los autores han desarrollado una taxonomía para profesores de ciencias referente a enseñanza y desarrollo curricular. Deben existir otras taxonomías para ampliar la visión típica del científico, pero consideran ésta útil en el contexto de CTS. Se expone una elaboración de varios componentes de cinco dominios ofrecidos por los autores que, si son significativos, deberían afectar a los planes de enseñanza y evaluación en la escuela. Dominio I: conocimiento y entendimiento (Information domain); Dominio II: explorando y descubriendo (process of science domain); Dominio III: imaginando y creando (creativity domain); Dominio IV: sintiendo y valorando (attitudinal domain); Dominio V: usando y aplicando (applications and connections domain).

YAGER, R.E. y PENICK, J.E., 1983. *Analysis of the current problems with school science in The United States of America, European Journal of Science Education, Vol. 5*, pp. 463-469.

Analizan desde 1975 los logros en enseñanza de las ciencias en EEUU, resaltando la importancia de nuevas visiones de la enseñanza científica que incluyen dimensiones filosóficas, históricas, sociológicas, humanísticas y tecnológicas; reconociendo la importancia de estos aspectos para el aprendizaje; señalando, por otra parte, los problemas que subsisten relacionados con la supremacía de los libros de texto, la justificación de la enseñanza en función del siguiente nivel, el olvido de objetivos de tipo histórico, social, etc. en la enseñanza de las ciencias, el énfasis dado a los contenidos, etc.

YAGER, R.E. y PENICK, J.E., 1986. *Perceptions of four age groups toward science classes, teachers and the values of science, Science Education, Vol. 70 (4)*, pp. 335-363.

Se muestra el resultado de un estudio llevado a cabo con una muestra de 750 alumnos de 9, 13 y 17 años, que pretende poner de manifiesto las actitudes y percepciones de los mismos sobre las clases de ciencias, los profesores de ciencias y el valor de los estudios científicos. En los

resultados se muestra cómo la actitud positiva de los estudiantes en estos aspectos, su interés por ellos, decrece con la edad, así como la imagen de los profesores de ciencias que es más negativa conforme aumenta el nivel educativo. Afirman que es preciso enseñar ciencia dinámicamente, presentar la ciencia que existe en el mundo real, útil ahora y en el futuro, entendiendo por utilidad aquello que les sirve para satisfacer una necesidad.

ZOLLER, U., 1991. *Teaching/Learning styles, performance, and students' teaching evaluation in STES-focused science teacher education: a quasi quantitative probe of a case study, Journal of Research in Science Teaching, Vol. 28 (7)*, pp. 593-607.

En respuesta a las necesidades nuevas sobre el conocimiento en CTSE (Science, Technology, Environment, Society) para profesores de ciencias, se utiliza entre los programas de enseñanza de las ciencias en las universidades, un modelo de enseñanza de orientación CTSE combinado con ISMMC-IEE (Integrated Subject-Matter/Methods Course, and the Eclectic Examination), en dos cursos diseñados especialmente para alumnos antes de su licenciatura y en un curso para licenciados. La prueba revela que los profesores son capaces de utilizar el nuevo modelo de instrucción, y su aprendizaje adquiere un mejor nivel. Sin embargo, los alumnos no graduados perciben estos cursos como algo difíciles y no de acuerdo con sus necesidades. El estudio sugiere que aunque el modelo es útil para cursos orientados en CTSE en programas de formación de profesores de ciencia, se requiere una atención especial en la etapa de ejecución, para cerrar el vacío entre los paradigmas de los estudiantes y los profesores de CTSE.

ZOLLER, U., DONN, S., WILD, R. y BECKETT, P., 1991. *Students' versus their teachers' beliefs and positions on science / technology /society oriented issues, Int. J. Sci. Educ., Vol. 13 (1)*, pp. 25-36.

ZOLLER, U., DONN, S., WILD, R. y BECKETT, P., 1991. *Teachers' beliefs and views on selected science- technology- society topics: a probe into STS literacy versus indoctrination, Science Education, Vol. 75 (5)*, pp. 541-561.

En estos trabajos complementarios, se propone que los cursos de CTS o CTES constituyan una respuesta de la didáctica de la ciencia que defiende una nueva orientación de enseñanza de la ciencia para todos, a través de la inclusión en el currículo de objetivos instruccionales y

educacionales que responden a las nuevas necesidades y aspiraciones de una sociedad moderna orientada tecnológicamente. Los resultados del primero muestran que: 1) tiene lugar un cambio en las ideas y posiciones en temas de CTS en los estudiantes como resultado de la realización de un curso de CTS; 2) este cambio conseguido es significativamente diferente al de los profesores de CTS y a los resultados mostrados por alumnos que no han realizado el curso CTS. Indican que se deberían buscar estrategias de enseñanza apropiadas, para desarrollarlas y realizarlas en los cursos de CTS y en los programas de formación del profesorado si el objetivo es que profesores y estudiantes lleguen a tener conocimientos en CTS. El segundo trabajo se centra más en los profesores, utilizando el instrumento VOSTS, seleccionando unos ítems concretos como indicadores de posiciones y visiones de CTS, actitudes y creencias en CTS y conocimientos en CTS. Se muestra que no existen diferencias significativas en los resultados que se obtienen de la visión y creencias en CTS entre profesores de CTS y los que no lo son. En los cursos de CTS la norma debe ser: «CTS education» antes que «CTS indoctrination».

ZOLLER, U., EBENEZER, J., MORELY, S., PARAS, V., SANDBERG, V., WEST, C. y WOLTERS, T., 1990. *Goal attainment in Science Technology Society (STS) education and reality: the case of British Columbia, Science Education, Vol. 74 (1)*, pp. 19-36.

Basándose en los nuevos objetivos de enseñanza necesarios en una sociedad moderna, se propuso el curso Ciencia y Tecnología 11. (CT 11), orientado en ciencia, tecnología y su relación con la sociedad, para estudiantes que no habían elegido cursos de ciencias. Basados en el estudio del caso de Brithis Columbia (BC), se observa un cambio sustancial en las posiciones y puntos de vista de los alumnos de los últimos cursos de escuelas secundarias en lo que se refiere a CTS en la dirección deseada, correlacionados con la exposición de estudiantes del curso CT 11. Se confirma que el VOSTS es un sistema eficaz en la detección de posiciones y puntos de vista de los estudiantes en temas de CTS. Plantean que los resultados —aunque se basan en el caso de BC limitado a un tamaño de muestra, características de estudiantes, rasgos del curso CT 11— pueden ser transferibles a otros cursos orientados en CTS o CTES, fundamentalmente en lo que concierne a los objetivos.

LA FÍSICA MODERNA Y SU DIDÁCTICA. UNA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE INTERÉS

Presentamos a continuación dos artículos sobre enseñanza de la física moderna publicados recientemente en la revista *International Journal of Sciences Education* que ponen de manifiesto cómo este tema es objeto de investigación desde el campo de la educación científica.

MODERN PHYSICS AND STUDENTS' CONCEPTIONS

Fischler, H. y Lichtfeldt, M. 1992, International Journal of Sciences Education, Vol. 14 (2), pp. 181-190.

En este trabajo se parte del supuesto de que el aprendizaje de conceptos de física moderna y en especial de física cuántica se les hace más difícil a los alumnos cuando se usan modelos o conceptos semiclásicos que implican analogías con la física clásica

Los autores se declaran partidarios de una introducción a los conceptos cuánticos tan pronto como sea posible y evitar los conceptos que sean contradictorios, aunque sin olvidar la importancia que tiene la discusión de las concepciones habituales de los estudiantes para lograr el cambio conceptual.

Siguiendo esta línea, presentan críticamente el uso que se hace del modelo de Bohr en tres libros de texto y el modo habitual de introducir el concepto de dualidad («la materia y la luz presentan una naturaleza dual, parecida a una onda o parecida a una partícula; qué lado de su naturaleza vemos que depende del experimento usado por nosotros para detectarlo»). Esto produce generalmente un refuerzo de las concepciones clásicas ya existentes.

Consideran la posibilidad de realizar una introducción a la mecánica cuántica que evite que los estudiantes intenten comprender los fenómenos de la física cuántica con conceptos clásicos, a partir de unas premisas básicas como son: evitar las referencias a la física clásica, empezar la unidad con electrones en vez de fotones, utilizar la interpretación estadística de los fenómenos en vez de la dualística, introducir la relación de incertidumbre de Heisenberg en una primera etapa y evitar el modelo de Bohr al tratar el átomo de hidrógeno.

Teniendo en cuenta todas estas decisiones se propone una unidad con una tem-

poralización de 32 lecciones, cuya estructura recoge, según los autores, una especial selección de tópicos y sobre todo en un orden poco habitual: 1) difracción de electrones, 2) experimento de la doble rendija con electrones, 3) relación de incertidumbre de Heisenberg, 4) cuantización de la energía para un pozo de potencial, 5) experimento de Franck-Hertz y análisis espectroscópico, 6) objetos cuánticos de luz: fotones, y 7) problemas de interpretación.

A los profesores que siguen la propuesta, se les suministra como apoyo una «Guía del profesor», realización de talleres, etc. Dicha propuesta no se inscribe dentro de ninguna metodología en particular.

La evaluación de la propuesta se realiza del modo habitual, a partir de la realización de dos cuestionarios, uno para pasarlo antes de impartirse la unidad, y el segundo que se pasa cinco semanas después del desarrollo de la misma, así como la utilización de entrevistas y vídeos para la verificación adicional de las respuestas dadas. Se recogen las concepciones de los estudiantes antes y después de impartirse la unidad, comparándose para lograr la percepción del proceso de cambio.

Los resultados de la investigación se ejemplifican para la cuestión «¿Qué es un átomo estable?» que conduce a conceptos como los de órbita, carga, corteza electrónica y localización de la energía.

Destaca, por ejemplo, para el caso del concepto de órbita, cómo los alumnos experimentales (96), de un 69% que lo presentan antes de la unidad, sólo lo mantienen un 22% después de desarrollarla, mientras que el grupo de control (92 alumnos) pasa de un 64% a un 60%.

Se compara el cambio conceptual entre los dos grupos, siendo el resultado más destacado el hecho de que no se produce ningún cambio en un 71% para el grupo de control y sólo en un 6% de los alumnos experimentales.

Los autores destacan la importancia que tiene la consideración y discusión de las concepciones de los alumnos de cara a afrontar el tema, para aumentar las situaciones cognitivas conflictivas.

J. Solbes

THE INTRODUCTION OF MODERN PHYSICS: OVERCOMING A DEFORMED VISION OF SCIENCE

Gil, D. y Solbes, J., 1993, International Journal of Sciences Education, 15 (3), pp. 255-260.

Este trabajo muestra los últimos resultados de una línea de investigación iniciada en 1982 sobre «La introducción de los conceptos básicos de física moderna» (Solbes 1986). En él se profundiza en uno de los aspectos de esta línea: mostrar cómo la enseñanza de la física moderna contribuye a consolidar una imagen deformada de la ciencia, caracterizada por el empirismo, la visión lineal y acumulativa, etc. Por ello se plantea una introducción de la física moderna, coherente con las propuestas constructivistas sobre la educación científica, que:

- contribuya a modificar esa visión incorrecta de la ciencia, poniendo de manifiesto cómo la existencia de problemas en la física clásica produce una revolución teórica y el surgimiento de la física moderna;

- tenga en cuenta además las ideas previas de los estudiantes.

Se realiza un análisis crítico de cómo se enseña usualmente la física moderna. En los textos no se hace referencia al carácter no lineal del desarrollo de la física, ni a las dificultades que originaron la crisis de la física clásica ni a las diferencias conceptuales entre física clásica y moderna. Además incurren en errores conceptuales en torno a la equivalencia masa / energía, la dualidad, la indeterminación, etc. Sólo el 12 % de un grupo de 63 profesores propone empezar con los problemas que la física clásica no pudo resolver. Como consecuencia de esta enseñanza, entre el 85 y el 93 % de un grupo de 536 alumnos ignoran la crisis de la física clásica y no son capaces de mencionar ninguno de los problemas con dicha crisis ni ninguna de las diferencias entre ambos paradigmas. Y entre el 83 y el 93 % reproducen los errores conceptuales.

Para superar esta situación se realizó un programa de actividades para la introducción de la física moderna (Solbes 1986) que ponga a los alumnos en situación de reconstruir los conocimientos científicos y, al mismo tiempo, les familiarice con las características del trabajo científico. Se presentan 5 actividades de dicho programa y se hace referencia a su hilo conductor. Estos programas se inician con una síntesis de la física clásica, que permite recordar cómo ésta surgió contra un paradigma, la física pregalileana, que se había mostrado incapaz

de resolver importantes problemas. Esto prepara para comprender cómo las nuevas dificultades aparecidas en el marco de la física clásica pueden originar su crisis y el surgimiento de nuevos conceptos, la física relativista y cuántica.

En relatividad, se parte de las dificultades de la física clásica para dar respuesta al problema que supuso la búsqueda de un sistema de referencia en reposo absoluto. El análisis de una experiencia similar a la de Michelson muestra la necesidad de poner en cuestión algunas hipótesis fundamentales de la física clásica —el espacio y el tiempo absolutos—. Seguidamente se pueden mostrar algunas implicaciones de los postulados de la relatividad: la dilatación temporal y la contracción de la longitud —mediante el reloj de luz— y la equivalencia masa-energía.

En cuántica, se parte de las dificultades para explicar el efecto fotoeléctrico y los espectros discontinuos, lo que permite introducir la cuantificación de la radiación —fotones— y de los sistemas atómicos —niveles energéticos—. Seguidamente se introduce la hipótesis de De Broglie y su confirmación experimental, la difracción de electrones. Con ello se pretende que los alumnos comprendan que los fotones, electrones, etc. no son ni ondas ni partículas clásicas, sino objetos de tipo nuevo con un comportamiento nuevo, el comportamiento cuántico. Se puede completar con las relaciones de indeterminación y con la necesidad de un nuevo modelo para describir el estado y evolución de los electrones, etc. distinto de los utilizados para partículas y ondas clásicas: la función de ondas y su interpretación probabilística. Se finaliza recapitulando los límites de validez de la física clásica, las diferencias entre la visión clásica y moderna del comportamiento de la materia y los desarrollos científicos y tecnológicos más importantes que supuso la física moderna.

El trabajo finaliza con la presentación de algunos resultados obtenidos por los alumnos tratados con este programa de actividades ($n=259$) superan la visión lineal del desarrollo de la física y mencionan las crisis fundamentales que se han producido en su desarrollo, conocen los problemas que originaron la crisis de la física clásica y las principales diferencias entre ésta y la moderna. Por otra parte, sólo un tercio de ellos conservan preconcepciones sobre la equivalencia masa energía, la dualidad, etc.

T. Bella

LOS TRABAJOS PRÁCTICOS Y LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Perales Palacios, F.J.

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación. Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada.

Introducción

Tradicionalmente la enseñanza formal de la ciencia se ha concebido como una actividad sustentada, con mayor o menor firmeza, en tres pilares básicos: teoría, prácticas y resolución de problemas. Este hecho ha llegado a constituirse como una verdadera «división de poderes» en la enseñanza universitaria española, plasmada en la diversificación del profesorado: profesor de teoría, profesor de problemas y profesor de prácticas, quienes, además, pertenecían a distinta situación profesional, relegándose las clases prácticas a la categoría inferior. A la ya sugerente frase de «carga docente» había que sumarle ahora la pesada losa de constituir las clases prácticas, por lo que se hacía preciso eludirlas lo antes posible.

Afortunadamente esta situación no se producía, en general, en el resto de los niveles educativos (salvando la formación profesional), aunque a costa de sufrir una profunda descapitalización de este tipo de enseñanza, como hemos tenido ocasión de verificar en la educación general básica (Perales et al. 1990) y que vendría originada por múltiples causas que podrían aglutinarse en torno a la falta de recursos y a la progresiva desmotivación del profesorado.

Junto a esta somera ojeada a la realidad que nos circunda, la investigación didáctica está acometiendo una profunda revisión de los trabajos prácticos a fin de adecuarlos a los nuevos tiempos que corren en la didáctica de las ciencias.

Concepto de trabajo práctico

La literatura educativa ha asignado diversas acepciones para referirse a ellos: *actividades experimentales, experiencias, prácticas, trabajos de laboratorio*, etc. En general, podríamos coincidir en que se trata de un conjunto de *actividades manipulativo-intelectivas con interacción profesor-alumno-materiales*. De un modo más explícito, Millar (1987) habla de los trabajos prácticos como de una *intervención planificada en el mundo natural y la posterior observación de cómo responde*. Aquí quizás deberíamos ampliar el adjetivo «natural» al campo «artificial» (p.e., instrumentos ópticos, productos químicos, etc.). Igualmente habría que

dar cabida a otras situaciones didácticas como las «salidas de campo» o, incluso, a los llamados «experimentos mentales o conceptuales» (Gandolfi 1992) en los que no existiría manipulación de materiales y que han jugado un significativo papel en la historia de la ciencia (p. e., «diablillo de Maxwell», «paradoja de los gemelos»).

Clasificación de los trabajos prácticos

Es difícil hallar intentos serios de clasificación en la literatura didáctica (p. e., Caamaño 1992). Aquí vamos a abordarla mediante el establecimiento de diversos criterios:

- *Por su ámbito de realización:*
 - Prácticas de laboratorio
 - Prácticas de campo
 - Prácticas caseras.
- *Por el carácter de su resolución:*
 - Abiertos (p. e., en el número de soluciones, de estrategias o en el apoyo del profesor)
 - Cerrados («tipo-receta»)
 - Semiabiertos o semicerrados.
- *Por sus objetivos didácticos:*
 - De habilidades y destrezas (p. e., manejo de la balanza, soplado de vidrio, reconocimiento de lentes en instrumentos ópticos)
 - De verificación (p. e., de la ley de la palanca)
 - De predicción (p. e., en el diagnóstico de las ideas previas, elaboración y contraste de hipótesis)
 - Inductivos (p. e., obtención de la ley del péndulo)
 - De investigación (integraría a los anteriores dentro de una estrategia general de trabajo).

Fases en los trabajos prácticos

Aunque no existen unos apartados consensuados en el desarrollo de los trabajos prácticos, sí pueden extraerse algunas fases comunes presentes en los guiones o explicaciones que les acompañan en los manuales:

- *Objetivos:* incluyen unas reflexiones sobre lo que se pretende conseguir con su realización, tanto desde el punto de vista científico como didáctico.
- *Planteamiento teórico:* sitúa el trabajo práctico dentro del contexto científico en el que se enmarca su realización (p. e., se reproduce la ley que se desea verificar y se comenta).

- *Material*: se contemplan los instrumentos y material fungible precisos para su cumplimentación, pudiéndose acompañar con ilustraciones explicativas.

- *Instrucciones*: se proporcionan las normas para la realización de las prácticas y, en su caso, se advierte de la posible peligrosidad de alguna manipulación.

- *Cuestiones, conclusiones, comentarios, aplicaciones*: se plantean para que el alumno obtenga la respuesta o a través de la realización de la experiencia o de información complementaria.

En este ámbito, Dumon (1992) ha planteado las conductas que serían deseables en los alumnos a lo largo del desarrollo de los trabajos prácticos.

Los trabajos prácticos y la didáctica de las ciencias

Revisión histórica

En un contexto tradicional, la inmensa mayoría de los profesores han considerado muy importante para los alumnos la realización de prácticas de laboratorio. Para ello se han esgrimido distintos argumentos didácticos que podrían sintetizarse en la siguiente afirmación: «la ciencia es una actividad eminentemente experimental, por lo que no cabe enseñarla de un modo exclusivamente teórico ya que esto supondría hurtar al alumno la verdadera naturaleza del conocimiento científico».

Siendo más explícitos, se han barajado numerosos objetivos que justificarían su inclusión en la enseñanza:

- Aprendizaje del contenido científico.
- Desarrollo intelectual y manipulativo.
- Mejora del pensamiento creativo y de la resolución de problemas.
- Incremento en la actitud científica, hacia la ciencia y hacia el trabajo práctico.
- Integración en el entorno escolar (relación con los compañeros, con el profesor, mejora del clima de clase, etc.).
- Evaluación del aprendizaje más funcional y diversificada.

Según Sebastià (1987), las prioridades habituales podrían agruparse en torno a:

- Ilustración de la teoría.
- Desarrollo de habilidades experimentales.

- Promoción de actitudes científicas.

Si asumimos la existencia de tres grandes paradigmas en la evolución reciente de la enseñanza de las ciencias (Gil 1983) que podríamos denominar de transmisión-recepción, de descubrimiento y constructivista, el papel jugado por los trabajos prácticos en cada uno de ellos se sintetizaría como sigue:

Modelo de transmisión-recepción

Este modelo en su versión más dura («escolástica») o menos dura (enseñanza «dialecto-expositiva») sigue suponiendo el fundamento de gran parte de la práctica docente habitual.

En este contexto, las prácticas de laboratorio representan un complemento de la enseñanza verbal donde se persigue ante todo una oportunidad para el desarrollo manipulativo, para la verificación de la teoría y para el dominio del cálculo de errores, por lo que los trabajos prácticos cerrados constituyen los instrumentos más idóneos para su articulación. Así, y en sus articulaciones más extremas, las prácticas son contempladas como una actividad sin objetivos didácticos explícitos, inconexa en el espacio y en el tiempo, carente de significado para el alumno y de oportunidades para la creatividad.

Modelo de descubrimiento

Surgido como reacción a la ineficiencia del modelo anterior, su énfasis lo constituyen los procedimientos científicos y su correlato psicológico, es decir, la adquisición de habilidades por parte de los alumnos. Por consiguiente, el objetivo primordial de la enseñanza será el poner al alumno en situación de aplicar el método científico en situaciones experimentales, con lo que los trabajos prácticos pasaron desde jugar un papel secundario a otro de primera magnitud: *el alumno, mediante la experimentación, debería descubrir las leyes, teorías, etc.* Esto es, existe una identificación entre el aprendizaje de la ciencia y la investigación científica. En esta línea de pensamiento, los trabajos prácticos deberían ser preferentemente de carácter inductivo y abiertos/semiabiertos, aunque el querer dotar al descubrimiento de una solución única llegó a convertirlos en procesos muy dirigidos (Caamaño 1992).

Modelo constructivista

Aunque todavía inmaduro, el modelo constructivista concibe el aprendizaje como un proceso individual, dinámico y significativo, es decir, relacionado con el co-

nocimiento previo del alumno. Frente a estas características más o menos asumidas por todos, no lo es tanto la vertiente metodológica de la instrucción, sugiriéndose métodos socráticos, expositivos, por generación de conflictos o por investigación. El profundo revisionismo de la didáctica de las ciencias que ha supuesto este modelo alcanza igualmente los trabajos prácticos. En el próximo apartado trataremos de centrar los argumentos de esta discusión.

Nuevos planteamientos

El revisionismo aludido parte, como era de esperar, de una aguda crítica de la situación actual de los trabajos prácticos (véase la revisión de Kirschner 1992) basada en afirmaciones tales como:

- Precisan de una excesiva inversión temporal.
- No producen una mejora significativa en el aprendizaje.
- No dan oportunidad a la creatividad.
- Representan una visión falseada de la ciencia, tanto desde el punto de vista epistemológico como de su labor investigadora.

Por contra parece existir cierta unanimidad en reconocerles algunas ventajas (Hofstein y Lunetta 1982, Miguens y Garret 1991):

- Sirven para el desarrollo de ciertas habilidades manipulativas.
- Mejoran la capacidad de resolución de problemas.
- Incrementan la socialización de los alumnos.
- Conducen a un cambio positivo en la actitud hacia la ciencia y en la visión de ella.

Finalmente persiste la polémica en torno a algunas de sus posibles consecuencias o dimensiones didácticas (Jamett 1987, Furió 1989, Payá 1990):

- ¿Desarrollan las habilidades de experimentación?
- ¿Cómo evalúan los trabajos prácticos?

Volviendo la mirada hacia adelante, las propuestas de transformación parecen pasar por convertir los trabajos prácticos en «pequeñas investigaciones», es decir, contemplados como un componente significativo de la estrategia didáctica que entiende que la enseñanza-aprendizaje

de las ciencias debe concebirse como una labor de investigación en torno a problemas teóricos explícitamente planteados (Gil 1993), donde lo de «teóricos» debería entenderse como una consecuencia de la máxima *no hay experimentos sin contenidos* (González 1992). De cualquier modo, existe otra corriente más tecnológica que reserva los trabajos prácticos para la resolución de problemas «útiles» y otra más social que se adscribe a la investigación de los problemas que más «interesan» al alumno (Caamaño 1992).

Los problemas referidos serían —como ya hemos mencionado— básicamente conceptuales y tratarían de que el alumno «construya» su conocimiento a partir de la contrastación de sus ideas previas, generación de conflictos concepción/ realidad y extrapolación de la nueva concepción, lo que constituye tres oportunidades para el diseño y aplicación de trabajos prácticos. La metodología de actuación didáctica podría asemejarse a la seguida por los investigadores noveles que se integran en un equipo de investigación (Gil 1993). Haciendo uso de la acertada distinción de Kirscher (1992), habría que enseñar ciencia *por* investigación (*usando los procesos de la ciencia para aprender ciencia*), frente a la enseñanza *como* investigación (*énfasis curricular en los procesos de la ciencia*) propia del modelo de descubrimiento.

En este contexto, el profesor cobra un nuevo protagonismo, el de organizador del currículo, seleccionador de experiencias, presentador de las teorías (válidas y alternativas) donde enmarcar los problemas a investigar, supervisor de la investigación, etc.

A pesar de estas sugerencias que van perfilándose dentro del campo didáctico, también se alzan voces que advierten del peligro de caer en una interpretación simplista de este enfoque de la enseñanza (Lucas y García-Rodeja 1990, Millar 1987) ya esbozada anteriormente. Este último autor señala, por un lado, la limitada validez de los trabajos prácticos en relación con la auténtica investigación científica, en cuanto suponen una simplificación extrema de las condiciones reales de los fenómenos y, por el otro, recomienda no considerar la investigación como un proceso de generación-verificación de hipótesis —ingenuas muchas veces—, sino acentuar la fase de discusión de resultados procurando no falsear la verdadera imagen de la ciencia. Hay que advertir igualmente que los trabajos prácticos no pueden convertirse en sustitutos de las clases expositivo-deductivas, sino complementarias al surgir como la oportunidad de investigar problemas de especial interés aparecidos en el desarrollo de la clase.

Prosiguiendo con las propuestas renovadoras, los guiones de prácticas debieran ser asimismo drásticamente reformados para adecuarlos a un proceso de investigación, incluyendo como fundamento de los trabajos una conexión significativa de la experiencia con las vivencias e intereses del alumno, acercar el vocabulario a su nivel de comprensión, contemplar actividades abiertas, etc. (Miguens y Garret 1991, Santelices et al. 1992, Dumon 1992). Por otra parte, sería también deseable abordar trabajos prácticos de distinta naturaleza (véase el apartado relativo a la «clasificación de los trabajos prácticos») de acuerdo con las necesidades y recursos disponibles.

En cuanto a la evaluación de los trabajos prácticos, ésta debería ser esencialmente de tipo «formativo» (durante el proceso de realización de los mismos), mediante cuestionarios observacionales, y «funcional» (sensible a las habilidades y conceptos que se pretende que alcance el alumno) (Furió 1989, Payá 1990, Colombo et al. 1991), abarcando igualmente la participación de los estudiantes y su trabajo en equipo (LOGSE) y asumiendo el riesgo de la carga de ambigüedad implícita a esta clase de evaluación (Hodson 1992).

Por último, deberíamos destacar la necesidad de que estas propuestas sean contrastadas en los distintos ámbitos de la enseñanza y que alcancen los propios libros de texto (Tamir y García 1992, González 1992).

Referencias bibliográficas

- Caamaño, A., 1992. Los trabajos prácticos en ciencias experimentales, *Aula*, 9, pp. 61-68.
- Colombo de Cudmani, L., Pesa de Dannon, M. y Salinas de Sandoval, J., 1991. La recalificación en la evaluación de un curso de laboratorio de Física, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4 (2), pp. 122-128.
- Dumon, A., 1992. Formar a los estudiantes en el método experimental: ¿utopía o problema superado?, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10 (1), pp. 25-31.
- Furió, C., 1989. Selección bibliográfica sobre evaluación de prácticas de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7 (2), p. 187.
- Gandolfi, A., 1992. The conceptual experiments in the development of physics, *Actas de la International*

Conference on History of the Physical-Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences. Madrid, 9-11 Sept., p. 124.

- Gil, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1 (1), pp. 26-33.
- Gil, D., 1993. Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 11 (2), pp. 197-212.
- González, M., 1992. ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos?, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10 (2), pp. 206-211.
- Hodson, D., 1992. Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science, *Science and Education*, Vol. 1 (2), pp. 115-144.
- Hofstein, A. y Lunetta, V.N., 1982. The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research, *Review of Educational Research*, Vol. 52, pp. 201-217.
- Jamett, H.D., 1985. *Laboratorio de Física: un análisis del currículum y del aprendizaje*. Tesis. (Universidad Federal de Rio Grande do Sud Brasil).
- Kirschner, P.A., 1992. Epistemology, practical work and academic skills in science education, *Science and Education*, Vol. 1 (3), pp. 273-299.
- Lucas, A.M. y García-Rodeja, I., 1990. Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en el aula, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8 (1), pp. 11-16.
- Miguens, M. y Garret, R.M., 1991. Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9 (3), pp. 229-236.
- Millar, R., 1987. Towards a role for experiment in the science teaching laboratory, *Studies in Science Education*, Vol. 14, pp. 109-118.
- Paya, J., 1990. Los trabajos prácticos de física y química: una revisión bibliográfica, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8 (2), pp. 181-185.
- Perales, F.J., Agustín, C. et al., 1990. El laboratorio escolar en la formación inicial del profesorado: currículum y resultados, *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, Vol. 4, pp. 97-106.

Santelices, L., Astroza, V. y De la Fuente, R., 1992. El trabajo de laboratorio con guías estructuradas y su relación con el aprendizaje de las ciencias naturales, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10 (3), pp. 340-341.

Sebastià, J.M., 1987. ¿Qué se pretende en los laboratorios de física universitaria?, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 5 (3), pp. 196-204.

Tamir, P. y García, M.P., 1992. Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de ciencias utilizados en Cataluña, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10 (1), pp. 3-12.

APROXIMACIÓN A LA OBRA DE LAVOISIER

Grapi, P. *Seminari d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. IB Joan Oliver (Sabadell).*

Es habitual en los libros de texto de química, tanto en la enseñanza no universitaria como en la universitaria, ver citada la figura de Antoine Laurent Lavoisier como «quien estableció experimentalmente la ley de la conservación de la masa para las reacciones químicas», «el Newton de la química» o, anecdóticamente, como el insigne químico que murió ejecutado bajo la guillotina del terror en la Francia postrevolucionaria el 8 de mayo de 1794.

El presente artículo no pretende aprovechar la conmemoración del bicentenario de la muerte de Lavoisier para apuntar una valorización de su obra científica, valoración que podría ser útil, entre otras muchas cosas, para matizar tópicos como los mencionados en el párrafo anterior. Su intención es ofrecer a los profesores y profesoras de ciencias, y de química en particular, una visión panorámica sobre la obra de Lavoisier en el contexto de la llamada revolución química y, al mismo tiempo, presentar aquellos textos contemporáneos que puedan ser útiles para una aproximación histórica rigurosa a su figura y a sus contribuciones científicas.

El término «revolución química» suele asociarse implícitamente con la sustitución de la teoría del flogisto que impreg-

nó a la química hasta finales del siglo XVIII, por la innovadora teoría del oxígeno introducida por Lavoisier. Esta simplificación ha supuesto, a menudo, una enmascaración de otros desarrollos que presentó la química a finales del siglo XVIII en algunos países europeos. Al lado de la teoría del oxígeno de Lavoisier hay que citar otros cinco cambios importantes: la mejora en la exactitud de los métodos cuantitativos, la definición empírica de *elemento químico*, el desarrollo de las teorías de la afinidad química, un nuevo sistema de nomenclatura química y la mejora de métodos analíticos, especialmente para el análisis de los compuestos orgánicos.

La tradición de la química metalúrgica alemana en el siglo XVII había establecido que el principio de la combustión estaba en la substancia combustible y no en el aire, y tal principio conocido con el nombre de flogisto se transfería del combustible al aire durante la combustión. A partir de 1774 Lavoisier empezó a desarrollar una serie de estudios que le llevaron a la conclusión de que tan sólo un aire puro contenido en el aire común contribuía al fenómeno de la combustión y de la calcinación de los metales. El hecho de que la combustión de sustancias como el azufre y el fósforo proporcionara unos productos caracterizados por su acidez condujo a Lavoisier a designar al aire puro con el término actual de «oxígeno» (generador de ácidos) (Izquierdo 1988). A pesar de la relevancia que se otorgó a la teoría del oxígeno para explicar el fenómeno de la combustión, dicha teoría mostró un poder explicativo superior como teoría de la acidez (Crosland 1980).

El relato histórico que nos ha llegado de este episodio, sin duda culminante, de la historia de la química nos ha presentado la teoría del oxígeno como la obra de un solo hombre. En este caso la sobrevaloración de la figura del «héroe» no es tanto culpa de los primeros historiadores sino del propio Lavoisier. Un punto clave para el desarrollo del sistema de Lavoisier estuvo en el estudio de los gases (aires), que en el siglo XVIII había conocido un avance espectacular de manos de los británicos Hales, Black, Cavendish y Priestly, sin cuya aportación difícilmente hubiera tenido lugar la innovación que supuso su sistema. No obstante, Lavoisier no se preocupó demasiado de reconocer su deuda con los químicos neumáticos británicos. Algo más generoso se mostró con sus colegas franceses (Berthollet, Fourcroy, Laplace, Monge...) con quienes mantuvo un intercambio fluido de ideas y de informaciones en su laboratorio del Arsenal y en la Academia de Ciencias, y con quienes estableció una comunidad de opiniones en la que era difícil —según Lavoisier— distinguir las aportaciones particulares.

Como en otros episodios del desarrollo de las ciencias, el caso de Lavoisier no puede ser comprendido del todo si no se enmarca en su contexto económico, social o político. Así, la teoría del oxígeno estuvo íntimamente relacionada con el estudio del ácido nítrico, estudio que a su vez arrancaba del interés suscitado por el salitre (nitrato de potasio), principal componente de la pólvora. El principal proveedor de salitre para Francia había sido la India, pero la guerra de los Siete Años (1756-1763) supuso el fin de la influencia francesa sobre el subcontinente y Francia tuvo que empezar a poner en marcha un programa nacional para autoabastecerse de salitre. Evidentemente, esta motivación económica no determinó ni la forma ni el contenido de la teoría de Lavoisier, simplemente le proporcionó una razón suplementaria para fijar su atención en el estudio de una sustancia en preferencia a otra.

Suele decirse que detrás de la figura de un gran hombre existe la de una gran mujer, pero en este caso habría que matizar la frase para decir que la figura de su esposa Marie-Anne fue la de una gran mujer al lado de la de un gran hombre. Marie-Anne Pierrette Paulze —madame Lavoisier— colaboró en vida de su esposo en la traducción al francés de importantes obras de los químicos británicos, como el *Essay on Phlogiston* del irlandés Kirwan, lo cual supone admitir que disponía de unos conocimientos suficientes tanto de la teoría como de la práctica química. Otra de sus colaboraciones mejor conocidas fue la del dibujo y grabado de las trece planchas que acompañan al famoso *Traité élémentaire de Chimie* de 1789. Pero, sin duda, fue tras la muerte de su esposo cuando Marie-Anne mostró la altura de su categoría humana contribuyendo, por sus propios medios, a mantener viva la memoria de Lavoisier (Duveen 1953).

Las aportaciones de Lavoisier a la química, aun siendo de gran trascendencia, no deberían oscurecer sus contribuciones a otros temas. A él se debe una contribución fundamental a la fisiología al establecer un paralelismo entre la respiración y la combustión, y una contribución a la economía al sentar en 1791 las bases de una teoría moderna de la renta nacional y de su evaluación. Sería exhaustivo mencionar las múltiples aportaciones de Lavoisier desde la química, pasando por la geología, la biología, la física y la economía hasta llegar a las ciencias aplicadas. Pero también sería imperdonable dejar de citar aquí el interés que Lavoisier sostuvo en la mejora de la difusión y la enseñanza de la química.

Una de las intenciones de Lavoisier al publicar en 1789 su *Traité élémentaire de Chimie* fue la de pretender cambiar

radicalmente las condiciones de aprendizaje de la química. Alcanzar cierta competencia como químico en el siglo XVIII requería una dedicación de muchos años para conocer un gran número de hechos y para memorizar nombres exóticos y cientos de reacciones. En este sentido el objetivo de Lavoisier fue el de proporcionar en su texto una visión general de la química y una introducción a los trabajos de laboratorio que pudieran completarse en un curso anual. En el *Discurso preliminar* Lavoisier esbozó las reglas metodológicas que le habían guiado para estructurar su texto:

«[...] me he impuesto la ley de no pasar nunca más que de lo conocido a lo desconocido, de no deducir ninguna consecuencia que no se derive inmediatamente de las experiencias y observaciones, y de encadenar los hechos y verdades químicas en el orden más apropiado que facilite la comprensión a los principiantes».

Este párrafo debería ser motivo de reflexión para todos aquellos que en cualquier nivel estamos implicados en la didáctica de las ciencias ya sea diseñando modelos, planificando estrategias o, simplemente, programando una unidad didáctica para enseñar ciencias con el ánimo de que alguien las aprenda. Es un convencimiento cada vez más compartido el que todo profesor y profesora de ciencias debería tener cierto conocimiento de la historia de la disciplina que enseña. El *Traité* es un libro actualmente asequible tanto a través de las reimpresiones del texto original francés como mediante las traducciones al castellano y al catalán (Lavoisier 1789). La primera traducción del texto al castellano se debe a Juan Manuel Munárriz y fue impreso en Madrid en la Imprenta del Real en 1798.

Antes de dar paso a la presentación de los textos en torno a la figura y obra de Lavoisier, es necesario apuntar que no se citarán los estudios sobre Lavoisier publicados en revistas especializadas de historia de las ciencias. Se trata tan sólo de dar a conocer aquellos libros que permitan una primera aproximación seria para aquellos profesores y profesoras que sientan interés en adentrarse en el conocimiento de la obra de Lavoisier. Afortunadamente, algunos de estos libros han sido reeditados y, por lo tanto, pueden ser adquiridos o consultados sin demasiadas dificultades.

Aunque pueda parecer extraño, la obra de Lavoisier ha sido bastante menos estudiada que la de otros personajes culminantes en la historia de las ciencias como Galileo, Newton o Darwin. Después de la Revolución los estamentos políticos y científicos de Francia sumergieron la figura de Lavoisier en un profundo silencio hasta que el químico Jean Baptiste Du-

mas la rescató del olvido en 1836, el mismo año de la muerte de madame Lavoisier. En aquel año Dumas impartió una serie de clases sobre la historia de la química en el Collège de France, «Leçons sur la philosophie chimique», en las que dedicó la cuarta y quinta lecciones a rehabilitar de forma emotiva y heroica a Lavoisier tras cuarenta años de olvido. La primera biografía de Lavoisier no apareció hasta 1888 -*Lavoisier 1743-1794*- de la mano de Edouard Grimaux, profesor de la École Polytechnique y de la Faculté de Médecine de París. Se trata de una biografía bien documentada basada en un estudio profundo de los papeles personales de Lavoisier. En 1890, un año después de haberse celebrado el primer centenario de la Revolución francesa, el químico Marcellin Berthelot aprovechó la ocasión para llamar la atención sobre la otra «revolución» en su libro *La révolution chimique*. El libro es un resumen de los cuadernos de laboratorio de Lavoisier, proporcionando así una guía para situar con mayor precisión las principales etapas de su obra científica.

Después de 1890 la publicación de textos sobre Lavoisier sufrió un letargo de más de sesenta años. Fue una época de avances espectaculares para la ciencia y en la que no se encontró el tiempo necesario para estudiar su pasado. Otra explicación hay que buscarla también en los profundos cambios sociales y políticos marcados por las dos guerras mundiales. Los estudios sobre Lavoisier empezaron a despertar cuando después de la segunda guerra mundial la historia de las ciencias cobró el rango de disciplina universitaria en Estados Unidos y Inglaterra. Así, en 1952 Douglas McKie (University College, London) publicó un texto ya clásico: *Antoine Lavoisier, scientist, economist, social reformer*, ampliando a un contexto más social el campo de las obras anteriores y corrigiendo algunas inexactitudes de la obra de Grimaux. En 1961 Henry Guerlac (Cornell University, Nueva York) publicó *Lavoisier. The Crucial Year*, en referencia al año 1772 en el que Lavoisier se dedicó a los problemas de la combustión y sentó las bases de la teoría del oxígeno. A pesar de la importancia de los estudios que sobre Lavoisier se realizaron en la década de los cincuenta y sesenta en las universidades anglosajonas, cabe también destacar la utilidad de la obra de Maurice Dumas, *Lavoisier. Théoricien et expérimentateur* (1955) y la de Scheller, *Lavoisier et le principe chimique* (1966). La obra más importante consagrada a Lavoisier en la década de los ochenta es el texto de Frederic Holmes, *Lavoisier and the chemistry of life*, un estudio sobre la evolución de sus ideas en base a un examen minucioso de sus manuscritos. Recientemente, Eugenio Portela y Amparo Soler han estudiado la incidencia de la química de Lavoisier en España en *Penetración y*

difusión de la química moderna en España (1990).

La proximidad de la fecha del bicentenario de la muerte de Lavoisier ha propiciado la aparición de nuevos estudios sobre el químico francés. Los últimos aparecidos en 1993 han sido: *Antoine Lavoisier de Arthur Donovan, Lavoisier de Bernadette Bensaude-Vincent y Antoine Laurent de Lavoisier 1734-1794* de J.P. Poirier. El año 1994 verá la conmemoración del bicentenario con la celebración de jornadas dedicadas al estudio de Lavoisier en París y Barcelona, y esperemos que también sea fecundo en relación tanto a la publicación de nuevas obras como a la reedición de las ya existentes.

Referencias bibliográficas

- Bensaude-Vincent, B., 1993. *Lavoisier*. (Flammarion: París).
- Berthelot, M., 1890. *La révolution chimique; Lavoisier; ouvrage suivi de notices et extraits des registres inédits de laboratoire de Lavoisier*. (Alcan: París).
- Crosland, M., 1980. Chemistry and the chemical revolution, en G.S. Rousseau y R. Porter (eds.), *The ferment of knowledge. Studies in the historiography of eighteenth-century science*, p. 389-416. (Cambridge University Press: Cambridge).
- Dumas, J.B., 1839 (1972). *Leçons sur la philosophie chimique* (Éditions Culture et Civilisation: Bruxelles).
- Dumas, M., 1955. *Lavoisier. Théoricien et expérimentateur*. (Presses Universitaires de France: París).
- Duveen, D.I., 1953. Madame Lavoisier. *Chymia*, Vol. 4, pp. 13-29.
- Donovan, A., 1993. *Antoine Lavoisier*. (Blackwell Publishers: Oxford).
- Grimaux, E., 1888 (1992). *Lavoisier 1743-1794. D'après sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits*. (Éditions Jacques Gabay: Sceaux).
- Guerlac, H., 1961 (1990). *Lavoisier. The Crucial Year. The background and origin of his first experiments on combustion. Classics in the History and Philosophy of Science*, Vol. 5, (Gordon and Breach Science Publishers: Philadelphia, PA).
- Holmes, F.L., 1985. *Lavoisier and the chemistry of life. An exploration of*

scientific creativity. Wisconsin Publications in the History of Science and Medicine, Vol. 4. (University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin).

Izquierdo, M., 1988. La contribució de la teoria del flogiste a l'estructuració de la ciència química. Implicacions didàctiques, *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 6, pp. 67-74.

Lavoisier, A.L., 1789 (1965). *Tratté Élémentaire de Chimie*. 2 tomos. (Éditions Culture et Civilisation:

Bruselas), (Éditions Jacques Gabay, Sceaux, dos tomos en un volumen). *Tratado Elemental de Química*. Traducido por Ramón Gago, 1982, dos tomos en un volumen (Alfaguara, Madrid). *Tractat Elemental de Química*. Traducido por Miquel Baltà y Florenci Coma, 1919 (1989), un volumen, (Institut d'Estudis Catalans, Barcelona).

Mckie, D., 1952 (1990). *Antoine Lavoisier, scientist, economist, social reformer*. (Da Capo Press: New York).

Poirier, J.P., 1993. *Antoine Laurent de Lavoisier 1734-1794*. París.

Portela, E. y Soler, A., 1990. Penetración y difusión de la química moderna en España en J. Fernández y I. González Tascón (Eds) *Ciencia, Técnica y Estado en la España ilustrada*. (MEC: Madrid).

Scheler, L., 1966. *Lavoisier et le principe chimique*. (Seghers: París).

PRESENTACIÓN DE REVISTAS

DIDASKALIA. RECHERCHES SUR LA COMMUNICATION ET L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES

Editada por el INRP (Institut National de Recherche Pédagogique) francés y la Université Laval (Canadá), acaba de aparecer el primer número de esta revista que pretende «contribuir al desarrollo de la investigación didáctica, permitiendo la difusión en lengua francesa de investigaciones e innovaciones».

La revista, que publicará tres números por año, se estructura en cinco secciones:

editorial, artículos de investigación, punto de vista, *comptes rendus* de innovaciones y notas de lectura.

Las personas interesadas pueden dirigirse a:

Didaskalia
INRP publications
29, rue d'Ulm
75230 Paris, Cedex 05. Francia
Fax: 33 1 43543201

REVISTA ESPAÑOLA DE FÍSICA

La Revista Española de Física, una publicación de la Real Sociedad Española de Física que se publica desde 1987, inicia actualmente una nueva etapa con novedades en su presentación y contenido, intentando llegar a sectores más amplios. Junto con informaciones sobre la vida de la Física en el mundo y en España, artículos sobre nuevas ideas o problemas importantes y entrevistas con físicos prominentes, incluye una sección de Enseñanza en la que colaborarán habitualmente profesores de Bachillerato y COU.