

La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias

Soledad Esteban Santos

Departamento de Química Orgánica y Biología Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias, UNED, Madrid. E-mail: sesteban@ccia.uned.es

Resumen: El modelo de enseñanza CTS es tal vez uno de los de mayor fuerza y originalidad en el ámbito de la educación en ciencias. Aunque dentro de esa perspectiva se están diseñando programas completos de cursos de ciencias, también podrán lograrse sus objetivos fundamentales mediante una metodología menos ambiciosa. Partiendo de los programas tradicionales de las distintas asignaturas, se seleccionarían determinados ejemplos para tratarlos en el aula con un enfoque tal, que los alumnos fuesen capaces de percibir a través de ellos la interconexión de los aspectos científicos, la tecnología y los diversos condicionantes sociales. En este sentido la historia de la ciencia, en sus distintos momentos, constituye una fuente riquísima de donde extraer esos ejemplos. Así, en principio, se conseguiría facilitar a los alumnos la comprensión de los contenidos científicos. Pero, además, habría que considerar otro efecto no menos importante: propiciar la concepción de una ciencia menos dogmática, en evolución y relación multidireccional con otros factores y saberes. Y asimismo, se promovería la sensibilización de los alumnos hacia los problemas sociales. De todo ello se tratará seguidamente, haciendo un recorrido, a modo de visión general y reflexiva, de algunos de esos momentos de la historia de la ciencia.

Palabras clave: enfoque CTS, historia de la ciencia, educación en ciencias, revoluciones científico-tecnológicas.

Title: The historic perspective of the Science-Technology-Society relations and its role in science teaching.

Abstract: STS teaching approach is perhaps one of most powerful and original in the field of science education. With this perspective, full programs of science courses have been designed. However, the basic objectives of this approach can be reached by means of a not so ambitious methodology. By starting from traditional programs of different subjects, some examples-type would be selected to be focussed in the class-room, so that the students could perceive the connection between scientific aspects, technological problems and social conditions. In this direction the history of science, in certain moments, constitutes a very rich source that can provide many of those examples. Thus, in principle, it will facilitate students to understand the scientific contents. And other effect, not less important, should be taken into account: it will allow the perception of a not dogmatic science, in evolution and in a multidirectional relation with other factors. Moreover, it will make students to be aware of social problems. All that is

discussed here, going through some of those moments of the history of science, and making a general and reflexive revision.

Keywords: STS approach, history of science, science education, scientific-technological revolutions.

Introducción

Actualmente nos hallamos dentro de un mundo inundado por los productos de la ciencia y la tecnología. Todos forman parte de nuestra vida habitual y los percibimos como algo natural de nuestro entorno. La ciencia y la tecnología modernas determinan en gran manera nuestra actitud ante la naturaleza y la visión que tenemos de ella, como afirma Werner Heisenberg, uno de los más grandes científicos de los últimos tiempos. Y según sus propias palabras "la técnica modifica en considerable medida el ambiente en que vive sumergido el hombre y le coloca ante una visión del mundo derivada de la ciencia; con lo cual la técnica influye profundamente sobre la relación entre el hombre y la naturaleza" (Heisenberg, 1955).

Pero, ¿somos conscientes del significado de esos productos de la ciencia y de la tecnología que nos rodean? ¿Percibimos los beneficios que aportan a nuestra sociedad, así como los peligros e inconvenientes que también originan? ¿Somos capaces de valorar tanto unos como otros? Si reflexionamos un poco sobre esas preguntas, las respuestas son en gran parte negativas. Por otro lado, aunque en los medios de comunicación hay una abundante información sobre todos esos aspectos, muy frecuentemente esa información no es del todo cierta e, incluso, a veces hasta resulta engañosa.

Por tanto, tal vez la ciencia –y también la tecnología– no sean tan "populares" como en principio cabría pensar. De ahí el interés que muestran las políticas educativas de los últimos tiempos en alcanzar la llamada "alfabetización científica y tecnológica" (Gil y Vilches, 2001), entendiendo ésta en el sentido de que los ciudadanos sean capaces de participar en el proceso democrático de toma de decisiones y en la solución de problemas de la sociedad relacionados con la ciencia y la tecnología (Membiela, 1995). Para ello se diseñan programas, estrategias y proyectos educativos que tiendan a fomentar el interés por la ciencia desde los primeros niveles de enseñanza. A este fin, el de acercar la ciencia a los estudiantes y a toda la sociedad, obedecen, por ejemplo, las frecuentes celebraciones de semanas, olimpiadas y ferias de la ciencia o la existencia de clubs de ciencias. Y la creación órganos gubernamentales, incluso de ministerios, dedicados expresamente a la ciencia y la tecnología es un claro exponente de esta preocupación.

Ese objetivo amplio y general de ciencia para todos requiere el cumplimiento de determinadas metas más concretas. En primer lugar, facilitar a los alumnos el aprendizaje de los contenidos científicos. En segundo lugar, incentivar su interés por la ciencia. En tercer lugar, crear en ellos una conciencia que les haga sensibles a los beneficios y problemas inherentes al desarrollo científico-tecnológico de nuestra sociedad y les forme como futuros ciudadanos responsables. Estos tres objetivos parciales no están citados siguiendo un orden jerárquico de prioridad: realmente

todos se hallan entrelazados, cada uno es función y causa de los otros, por lo que son de importancia equivalente.

Para alcanzar todos esos objetivos, y con ellos la alfabetización científica y tecnológica, es necesaria la contextualización de la ciencia. Y por tal se entiende, expresado de manera sintética, un enfoque de enseñanza que pretende abordar temas científicos de relevancia social y económica teniendo en cuenta, como aspectos principales, la relación de sus contenidos científicos con la elaboración de hipótesis, con la observación e interpretación de datos y de cualquier información, y con la capacidad de toma de decisiones. Asimismo, supone el aprendizaje de la manipulación de materiales y aparatos y la utilización de otras estrategias didácticas aparte de las tradicionales lecciones expositivas, tales como realización de experimentos de laboratorio y de demostraciones de aula, realización de pequeñas investigaciones, visionados de vídeos, lecturas científicas, debates y conferencias o visitas a museos de la ciencia y a industrias.

Los alumnos ante el aprendizaje de las disciplinas de ciencias: dificultades y vías para solucionarlas

Nos centraremos en el estudio y aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en las distintas etapas de enseñanza secundaria. La experiencia diaria en el aula muestra a los docentes que las disciplinas de ciencias, en general, son para los alumnos bastante difíciles de estudiar –sobre todo la física y la química, aunque no tanto la biología y la geología–, de contenidos científicos “duros”, aburridos y alejados de su realidad. En definitiva, no son disciplinas muy atractivas para los alumnos, para los cuales su aprendizaje consiste más en memorizar que en comprender. Ello es también causa, aunque desde luego no la única, del notable descenso en la matriculación en las tradicionales carreras de ciencias.

Estos hechos bastarían para justificar la búsqueda de nuevas estrategias de enseñanza/ aprendizaje para los contenidos de ciencias como claves para superar esas barreras que encuentran los alumnos ante su estudio. De esta manera, se ha desarrollado la enseñanza de tipo experimental, buscando la mejora de su calidad y adecuación mediante numerosas investigaciones (Tamir, 1990; Kirschner, 1992; Jong, 1998, entre otros) e incrementando el tiempo dedicado a experimentos de laboratorio y de aula. Se pretende que las conexiones teoría/práctica se hagan evidentes y que su carácter de condición esencial en este tipo de disciplinas –calificadas precisamente así, ciencias “experimentales”– quede resaltado. Al integrar esas dos vertientes, teórica y práctica, los alumnos podrán percibir que los contenidos no son ni tan teóricos unos, ni tan experimentales otros: se trata de un “todo” único, en el que ambos tipos de contenidos mantienen una relación dialéctica. Esta intensificación en la enseñanza experimental se ha dejado sentir sobre todo en el ámbito anglosajón, mientras que en muchos otros países –como, por ejemplo, el nuestro– esto ha quedado reducido más bien a una tendencia hacia ese objetivo, al cual, por otra parte, aún no se ha llegado.

En cualquier caso, la enseñanza de las ciencias ha tomado un mayor protagonismo a partir de los años cincuenta del pasado siglo (Lazarowitz y Tamir, 1994), momentos más o menos coincidentes con el lanzamiento del primer satélite artificial, el *Sputnik* lanzado por la URSS en 1957, en plena

época de la "guerra fría". La rivalidad entre rusos y americanos –o, más general, entre occidente y los países del telón de acero– por alcanzar no ya sólo la supremacía en la carrera espacial sino más bien en todos los aspectos armamentísticos, supuso una revaloración de la ciencia y la tecnología (Sánchez Ron, 2000), que se tradujo en una preocupación por mejorar sensiblemente la formación en ciencias a todos los niveles.

En cuanto al movimiento CTS, tuvo sus orígenes hacia los años setenta, comenzando como una extensión principalmente de los programas STPP (Science, Technology and Public Policy) aunque dotándoles de un sentido crítico. Estos últimos programas habían surgido a su vez en la década de 1950 en las más importantes universidades tecnológicas de Estados Unidos, con el fin de dar cauce a la organización y gestión de los grandes proyectos de investigación científica y tecnológica, por lo que su enfoque poseía un fuerte contenido tecnocrático. Y con esa dimensión crítica se crea la perspectiva propia de los programas CTS. Así, mediante la colaboración de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia, por una parte, y la economía y la psicología industrial, por otra, se pretende que los científicos y tecnólogos sean más conscientes de la proyección social de su trabajo y que los ciudadanos en general tengan un mejor conocimiento de la ciencia y la tecnología para poder resolver los posibles problemas sociales relacionados con ellas (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002).

En el intento de enseñanza contextualizada de la ciencia, el enfoque CTS es tal vez uno de los de mayor fuerza y originalidad en el ámbito de la educación en ciencias y en el que se han puesto más esperanzas para aumentar la calidad de su enseñanza (Acevedo, 1995; Caamaño y Vilches, 2001). La educación en ciencias adquiere con este enfoque una dimensión más amplia al contemplarse en él las relaciones entre la ciencia y la tecnología y sus implicaciones sociales, así como la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia (Solomon, 1988, 1993, 1994; Fleming, 1989; Fensham, 1990; Membiela, 1995, 1997, 2002). Mucho se está trabajando en el aula e investigando en ese sentido, con lo que ha llegado a superar la condición de mera estrategia didáctica para convertirse en una tendencia pedagógica desde la cual se están diseñando, incluso, programas completos de cursos de ciencias (SATIS, 1986; Salter, 1996, entre otros). Pero a la hora de transponer con ese enfoque los contenidos científicos a los libros de texto, de ponerlo en práctica en el aula y de introducir los aspectos contextualizadores de la ciencia, surgen grandes dificultades (Cheek, 1992; Caamaño, 2001; Martins, 2002).

No obstante, pueden alcanzarse también sus objetivos fundamentales mediante estrategias menos ambiciosas, no ya elaborando ese tipo de programas completos, sino partiendo simplemente de los programas tradicionales de las distintas asignaturas. Siempre es posible hallar en estos últimos ciertos puntos que permitan llevar a cabo un *anclaje* entre unos contenidos científicos determinados y los aspectos tecnológicos y sociales (económicos, políticos, culturales o, incluso, artísticos) que lleven implícitos. Crearíamos de esta manera unos ejemplos-tipo con los que mostrar claramente a los alumnos la interconexión de los aspectos científicos, de la tecnología y de los diversos condicionantes sociales. Así, en unos casos ese anclaje se haría conectando con muchos fenómenos y situaciones de nuestra vida cotidiana. Pero habría otra forma aún más fácil de llevarlo a

cabos. Como todo contenido científico arrastra tras sí su propia historia y ésta no puede aislarse de los factores sociales ni del contexto en que se desarrolló, la *historia de la ciencia* constituye una fuente muy rica, tal vez la más rica, de donde extraer esos ejemplos-tipo. Unos resultarán más atractivos, otros menos, pero siempre será posible establecer esas conexiones. Es cuestión de seleccionar los casos más interesantes y apropiados en función de las características del alumnado (nivel educativo, circunstancias sociales y geográficas, grado de madurez y preparación, etc.).

La historia de la ciencia ante la enseñanza de las ciencias

¿Por qué la historia de la ciencia dentro de la perspectiva CTS? La contribución de la historia y la filosofía de la ciencia al aprendizaje de los contenidos científicos es un hecho reconocido desde hace bastante tiempo. Puede decirse que sobre todo a partir de 1920 se comenzó a considerar su papel en el ámbito de la educación en ciencias. Y el gran número de investigaciones, reseñas y estudios que se han publicado en relación a este hecho dan fe de ello (Marco, González y Simo, 1986; Furió, Hernández y Harris, 1987; Hodson, 1988; Dana, 1990; Duschl, 1994; Matthews, 1994; Gil, 1996; Monk y Osborne, 1997; Scerri y McIntyre, 1997; Moore, 1998; Paixão y Cachapuz, 2000; Tsaparlis, 2000; entre otros muchos). No obstante, a pesar de que sus ventajas parecen muy evidentes para muchos autores, no han faltado otros con opiniones muy distintas. Desde los más o menos escépticos acerca del éxito de sus aportaciones a la enseñanza, pensando que no se deben poner demasiadas esperanzas en sus resultados (Bevilacqua, 1988) hasta otros que abiertamente previenen en su contra. Estas últimas voces –principalmente de historiadores de la ciencia– se dejaron oír sobre todo durante la década de 1970, manifestando distintos argumentos. Así, para Brush (1974) la historia de la ciencia debería restringirse a alumnos con cierto grado de madurez, pues en caso contrario podría debilitar las convicciones científicas en alumnos aún en los primeros niveles de aprendizaje de ciencias. Otros, como Whitaker (1979) afirman que la historia utilizada en el aula consistiría, en realidad, en una historia “preparada” para su aplicación didáctica y, por tanto, no sería más que una historia distorsionada. Sin embargo, aunque sean ciertos en gran manera esos argumentos ello no supone que debamos prescindir de las ventajas de la historia de la ciencia, sino que habrán de considerarse los riesgos que denuncian a fin de prevenirlos (Fernández González, 1997).

Son varias las razones que se dan para justificar la utilización de la historia de la ciencia como arma pedagógica. En principio se pueden resaltar dos papeles, del más complejo al más simple. Uno sería que la historia de la ciencia permite ubicar a los alumnos en las situaciones problemáticas en que se vieron inmersos en su momento los hombres de ciencia; al analizar cómo superaron éstos las dificultades y qué conclusiones extrajeron, los alumnos comprenderán mejor esos problemas y cómo se va construyendo el pensamiento científico. Otro papel sería el contribuir a que el estudio de las asignaturas de ciencias resulte más ameno y atractivo. Es decir, ésta sería la vertiente motivadora de la historia de la ciencia en el aula, y no por más simple que la anterior, menos importante.

Pero, además, habría que añadir un tercer papel: el desarrollo de la historia de la ciencia proporciona un número variadísimo de situaciones que muestran de manera muy ilustrativa las relaciones ciencia-tecnología-sociedad. Permite, pues, llevar a cabo interesantes incursiones dentro del modelo CTS, como ya se apuntó anteriormente. Trabajando con esas situaciones se atenderá no sólo al aprendizaje de los contenidos científicos correspondientes, sino al de los aspectos tecnológicos y sociales implicados en ellos. Con su discusión se conseguirá facilitar a los alumnos la comprensión de los contenidos científicos. Pero, además, hay que considerar otros efectos sumamente valiosos: se propiciaría la percepción de una ciencia no separada en compartimentos estancos, sino de una "ciencia" unitaria, un todo global que, además, estaría en continua evolución, interaccionando de forma multidireccional con otros muchos factores y saberes. Es decir, se propiciaría la imagen de una ciencia no dogmática, cuyo carácter interdisciplinar quedaría resaltado. Y asimismo, se promovería la reflexión hacia los problemas sociales.

Ésta sería, pues, otra aportación de la historia de la ciencia desde el punto de vista de didáctico, la de contribuir al aprendizaje de valores, actitudes y normas (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Solbes, Vilches y Gil, 2002). Este tipo de aprendizaje es uno de los objetivos más importantes de la perspectiva CTS y de todas las últimas tendencias y reformas educativas, que dan prioridad a los contenidos actitudinales (cognitivos, afectivos y valorativos) y axiológicos (valores y normas).

El significado de la educación, tomado en un sentido sobre todo sociológico, puede expresarse como un enriquecimiento de la inteligencia del ser humano con el que sería capaz de superar los desafíos del medio en que vive, ya que éste, tan dinámico y cambiante, exige de los individuos una visión del mismo interdisciplinar y reflexiva, así como un sentido crítico para mejorar sus condiciones materiales. Pero la educación, si se entendiese tan sólo de esta manera, perdería una dimensión que trasciende al momento del hoy inmediato: habría que añadir, pues, una dimensión de la educación más intimista y personal, que conduciría a un enriquecimiento en este caso ético y psicológico del hombre y que redundaría en último término en el progreso de toda la humanidad. Entonces, entre los objetivos prioritarios de la educación se encontraría la formación de buenos ciudadanos, conscientes de su responsabilidad para contribuir al bienestar y desarrollo social. Y éste sería un objetivo no particular de la educación en ciencias, sino que tiene un carácter común a toda la educación puesto que contempla al individuo como ser social que es, conviviendo con otros individuos.

En ese sentido, la historia de la ciencia puede tener un importante papel para lograr el aprendizaje de valores. Y se lograría enfocando el estudio de los contenidos científicos –al menos de algunos– con una perspectiva histórica, aunque ésta deberá cumplir ciertos condicionantes. Uno de éstos sería el de contemplar la evolución de la ciencia en cuanto a sus ideas. Comprendiendo esa evolución, a los alumnos les será más fácil percibir las relaciones de la ciencia con los diferentes factores sociales que han influido sobre su desarrollo y, al contrario, cómo el devenir de la ciencia ha influido también en esos factores. Pero, además, podrán apreciar todas las transformaciones que han sufrido a lo largo del tiempo no sólo las técnicas

y procedimientos de los que se vale la ciencia experimental, sino también las teorías, proceso que no se detendrá en el momento actual, sino que su propia dinámica le hace imparable. Y ello asimismo pone de manifiesto la resistencia que tan frecuentemente oponen las comunidades científicas –y la sociedad en general– ante cualquier cambio a lo oficialmente establecido como “verdad”, aunque la evidencia demuestre lo contrario (Kuhn, 1975). De este modo los alumnos podrán dar más valor a la obra de los científicos, que tantas veces a lo largo de la historia ha requerido, aparte del trabajo propiamente científico, constancia y valentía (desde casos dramáticos, como el de Galileo, hasta otros, como el de Avogadro, en los que simplemente se arrincona una idea, su famosa hipótesis, que no es aceptada hasta pasado mucho tiempo).

En esa conexión entre los contenidos científicos/contenidos de la historia de la ciencia el punto central ha de ser, pues, la *evolución de las ideas*, como verdadero motor que ha impulsado la evolución del pensamiento científico, de las teorías y de las técnicas implicadas. Y entendiendo la evolución de las ideas las otras evoluciones se entenderán fácilmente. Por ello el análisis de la historia de la ciencia no significa simplemente aprender una serie de datos acumulados (biográficos, científicos, históricos, geográficos...), sino que es necesario que todos estos datos vayan acompañados de un análisis de sus interrelaciones e influencias recíprocas (Esteban, 2000). De esta manera, pueden llegar incluso a resultar esenciales para explicar cuál ha sido el papel de un determinado científico dentro de la ciencia y por qué y cómo ha contribuido a construir el conocimiento científico. Por otra parte, muchos aspectos de carácter anecdótico serán eficaces para estimular el interés de los estudiantes por la ciencia, haciendo su aprendizaje más divertido y animándoles en su estudio, por lo que tampoco hay que despreciar su valor.

Asimismo hay que tener en cuenta la evolución de la tecnología. Está tan estrechamente conectada a la ciencia que con frecuencia no resulta fácil delimitar lo que es tecnología ni establecer una distinción clara entre una y otra y, aunque a veces se la considera como una ciencia aplicada, realmente su categoría es superior a esta simple apreciación (Acevedo, 1998; Sánchez Ron, 2000). En cualquier caso ejercen una sobre otra, en sentido recíproco, una profunda y fuerte influencia.

La historia de la ciencia en el aula: discusión de algunos ejemplos prácticos

Primeramente haremos un rápido recorrido por los grandes momentos de la historia de la ciencia –que pertenecen también a la historia social– a modo de visión general y reflexiva. Se trata tan sólo de analizar muy brevemente algunos de los rasgos esenciales de las revoluciones científicas, o mejor dicho, científico-tecnológicas, tomado el término “revolución” en el sentido de profundas transformaciones, de carácter global, que produjeron enormes cambios sociales y culturales. Dejaremos aparte aquellas otras transformaciones en la vida del hombre que, aunque importantísimas, han sido promovidas más por su forma de pensar y de analizar el mundo que le rodea que por innovaciones en el ámbito científico o tecnológico. Tales serían, por ejemplo, el Renacimiento, la revolución burguesa en la

Inglaterra del siglo XVII, la Ilustración o la revolución francesa de finales del siglo XVIII.

A lo largo de la existencia de la humanidad nos encontraríamos así con tres revoluciones científico-tecnológicas. En primer lugar, la *revolución neolítica*, con la que el hombre, de comunidades nómadas y cazadoras-recolectoras, pasa a constituirse en sociedades sedentarias y agrarias. Ese paso, como todas las grandes transiciones de la historia, no fue inmediato, sino el resultado del saber acumulado a lo largo de un enorme periodo de tiempo. El hombre fue conociendo más acerca de la reproducción de animales y, sobre todo, de plantas. También fue adquiriendo conocimientos técnicos que le condujeron a la utilización de herramientas adecuadas (el arado, la rueda...) y a aplicar fuentes de energía en la siembra y recolección de los campos (como es, por ejemplo, la tracción animal). Todo esto permitió el cultivo a gran escala y conseguir más medios de sustento que repercutieron en el aumento de la población y que abrieron paso a nuevos tipos de vida y de comunicación, así como al desarrollo social y cultural. Y todo ese saber tuvo su origen en multitud de experiencias que fueron transmitidas de generación en generación. En definitiva, fue un conocimiento adquirido a través de la observación de unos fenómenos, constatación de su repetición y comunicación de ese conocimiento, lo que constituyó una verdadera evolución a un ritmo lento pero progresivo.

El otro gran momento de cambios profundos en la forma de vida del hombre es el de la *revolución industrial*, en realidad bastante próxima a nosotros, pues alcanza su apoteosis a partir de mediados del siglo XIX. Tampoco fue un fenómeno repentino, aunque su periodo de incubación fue muchísimo más breve que en el caso de la revolución neolítica, forjándose por la confluencia de ciertas innovaciones científicas y tecnológicas (entre estas últimas, las nuevas fuentes de energía que suponían el vapor y la electricidad y que dieron lugar a la aparición del maquinismo), por una parte, y de corrientes ideológicas (aportadas por la Ilustración, la Revolución Francesa, el liberalismo, etc.). Como consecuencia de ese factor, el ideológico, ausente en la revolución neolítica, habían surgido una serie de movimientos políticos y sociales. Y con la revolución industrial se generan, a su vez, otros movimientos políticos y sociales y se dinamizan los ya existentes. Con la maquinización se crean nuevas formas de organización en el trabajo de las fábricas y se acentúa la pobreza y miseria de las capas sociales que trabajan en las distintas ramas de las industrias emergentes, lo cual conduce a la expansión del sindicalismo, entre otros fenómenos. De cara al aula, valdría la pena detenerse con los alumnos en esta etapa tan reciente aún de la historia del hombre y también de la historia de la ciencia, por las múltiples conexiones que mantiene desde la perspectiva CTS.

Y ya plenamente en nuestros días estamos siendo testigos de otra gran transformación que implica en un grado elevadísimo a la ciencia y la tecnología. Se trata de la *revolución científico-tecnológica*, para unos, o simplemente desarrollo acelerado, para otros. Aunque es aún demasiado pronto para decidirse por una u otra afirmación, necesitando para ello una perspectiva histórica más alejada. El descubrimiento de nuevos materiales, de la microelectrónica, de nuevas fuentes de energía o de nuevas formas de comunicación y los profundos avances en biología molecular o en estudios sobre genética, son algunos de los muchos factores responsables de esta

tercera revolución. La conjunción de todos esos enormes adelantos en el terreno científico y tecnológico se ha traducido en el perfeccionamiento de antiguos descubrimientos y en el surgimiento de otros nuevos. Por otra parte, la mecanización en el trabajo, la automatización y la robotización hacen que la presencia directa del hombre en muchas actividades sea cada vez menos necesaria y que la mano de obra se emplee en tipos de tareas diferentes. La organización laboral se hace distinta, como también ocurrió cuando las antiguas máquinas cambiaron la forma de trabajo fabril. Pero también cambia con ello la organización social. Y nuestras costumbres y hábitos de vida, también.

Las relaciones CTS son muy evidentes y una excelente ocasión para debatirlas con los alumnos. Pero a tal fin no ya son sólo adecuados estos grandes momentos de la historia del hombre y de la ciencia –es decir, las profundas transformaciones representadas por la revolución industrial, la revolución científico-tecnológica de nuestros días e, incluso, la llamada revolución neolítica–, sino multitud de momentos “menores”. Porque detrás de cada uno de aquellos grandes momentos se encuentran siempre estos últimos. Tales serían el descubrimiento del microscopio o de la máquina de vapor, del espectroscopio, innovaciones en procesos industriales... y tantos otros.

En consecuencia, a continuación se proponen algunos capítulos de la historia de la ciencia, a modo de ejemplo, para su posible utilización en el aula. Esos ejemplos se pueden seleccionar por muy diversos motivos:

Un *personaje científico*, del que podrían tratarse:

Notas biográficas: Nombre completo y fechas de nacimiento y muerte. Características históricas y geográficas en su vida: lugar de nacimiento y lugar/es donde se educó y vivió. Circunstancias políticas, sociales, culturales y económicas. Factores que pudieran influir de manera especial en su formación y en su actividad científica (religión, status familiar, país, guerras, etc.). Algunas anécdotas (si son interesantes y atractivas).

Notas científicas: Trayectoria de su obra científica. Aportaciones más significativas. Posibles relaciones con otros científicos. Repercusión de su obra.

Evolución de una teoría o bien evolución de un concepto:

a) Momentos históricos por los que fue pasando esa teoría o ese concepto. Breve tratamiento de cada momento: estado general de la ciencia y circunstancias históricas, culturales, sociales, etc.

b) Distintos personajes científicos implicados en esa teoría o en ese concepto.

c) Discusión general sobre el conjunto de su evolución.

d) Un *descubrimiento*:

e) Personaje o personajes científicos implicados. Breves datos biográficos y científicos de los mismos (en el sentido antes apuntado).

f) Descripción y explicación del descubrimiento y de su momento histórico.

- g) Significado del descubrimiento para el progreso de la ciencia
- h) Implicaciones teóricas de ese descubrimiento: conexiones con determinados aspectos teóricos.
- i) Posibles aplicaciones prácticas del descubrimiento
- j) Una *etapa de la ciencia*:
- k) Características generales de esta etapa. Lugar/es geográficos donde se desarrolla.
- l) Antecedentes y posibles influencias que recibe.
- m) Procesos químicos más importantes que abarca. Principales personajes. Principales técnicas y experimentos.

Otra interesante posibilidad la ofrece el debate sobre la influencia de la ciencia sobre las guerras y, viceversa, el impulso que el estudio científico recibe de aquéllas. Es la paradoja de cómo la búsqueda de fines en principio "negativos" puede tornarse en algo beneficioso para la humanidad cuando los conflictos bélicos finalizan. Y refiriéndonos concretamente a la química, tal vez sea en la vertiente industrial de esta ciencia donde aparecen ejemplos más claros y frecuentes de esas relaciones (Esteban, 2001).

Para apoyar estos ejemplos se pueden utilizar –y conviene, además– otros recursos didácticos, como: lecturas, imágenes en transparencias o impresas en láminas, vídeos o experimentos de laboratorio y de aula relacionados con el tema en cuestión. Además, la historia de la ciencia puede aplicarse asimismo en *actividades fuera del aula*. Tales son las visitas a museos. Y no sólo a los de la ciencia. Los museos arqueológicos y etnográficos, con sus muestras de joyas, de herramientas, de piezas de cerámica y de diversos utensilios empleados por el hombre, dan testimonio de procesos tecnológicos y científicos del pasado. O determinadas exposiciones temporales. Incluso, la visita a algunos centros de interpretación de la naturaleza, a centros industriales y talleres de tipo artesanal o a industrias de mayor envergadura pueden constituir interesantes documentos sobre la historia de la ciencia.

No sería necesario aplicar todos estos aspectos de manera exhaustiva, bastando con seleccionar aquéllos que se considerasen más idóneos para el fin perseguido, según cada caso. Pero sí que habría que aprovechar cuantas oportunidades y alternativas se presenten para conectar con la historia de la ciencia. Además, todos los programas de asignaturas de ciencias correspondientes a principios básicos ofrecen múltiples posibilidades de llevar a cabo el enfoque antes apuntado, ya que existen muchos puntos a través de los cuales se puede hacer alguna referencia relativa a la historia de la ciencia. Para alcanzar plenamente esta meta en cuanto a la formación de los alumnos es importante comenzar con este enfoque desde sus primeros contactos con las ciencias e ir avanzando paulatinamente a lo largo de las distintas etapas educativas, aunque adaptándose siempre a su edad, conocimientos y nivel de aprendizaje.

Estos han sido tan sólo algunos ejemplos, ideas y sugerencias, a modo de pautas muy generales. Pero sin duda cada profesor en el aula seguirá obviamente las suyas propias.

Los profesores y su formación

Previamente los formadores de los alumnos, es decir, los profesores, habrán de formarse a su vez en este campo. En consecuencia, los docentes deberán adquirir –en caso de no tenerlos ya– determinados conocimientos sobre la historia de la ciencia y, además, tendrán que saber la manera de proceder con sus estudiantes a fin de que sean capaces de comunicarles esos conocimientos y transmitirles ese espíritu de percibir la ciencia. Ello implicaría una formación en tres direcciones. En primer lugar, que lograsen tener unos conocimientos básicos en historia de la ciencia. En segundo lugar, que fueran capaces de utilizar esos conocimientos en el aula como herramienta didáctica; es decir, que se adiestrasen en una estrategia metodológica adecuada y en unas determinadas habilidades para poder transmitir esas ideas. En tercer lugar, que estén convencidos de la validez de este enfoque en el proceso de enseñanza-aprendizaje de su disciplina. En caso contrario, sería muy poco probable que lograsen comunicar esas ideas a sus alumnos, ya que no es fácil comunicar aquello en lo que no se cree. Porque hay que transmitir más que solamente decir. Esta última dirección es tal vez la más difícil de alcanzar pues exige un cambio en la mentalidad de los docentes, de tal manera que ellos mismos “sientan” la ciencia de una manera diferente. También por ello la historia de la ciencia sobrepasa su mera utilización como simple recurso didáctico, ya que tendría una inestimable contribución a que la enseñanza de las ciencias fuese también educación en ciencias.

Esta estrategia no consumirá mucho tiempo del que se dispone para desarrollar los programas de las asignaturas correspondientes. No será un tiempo malgastado, sino que por el contrario puede resultar sumamente fructífero, haciendo las clases más amenas e interesantes para los alumnos, ayudando a fijar su atención y a recordar más fácilmente lo que se está tratando. Pero, sobre todo, ayudará a que perciban la repercusión de la ciencia en nuestra vida cotidiana y, aún más allá, en la historia del hombre y, con ello, facilitará su educación en valores.

El diseño más completo de preparación de esos ejemplos-tipo, sería el llevado a cabo por un equipo interdisciplinar de profesores de las distintas áreas implicadas en ellos. Además, cada profesor podría utilizar esos diseños en su enseñanza, si bien desde la perspectiva propia de la disciplina correspondiente. Pero este caso idóneo de preparación puede resultar bastante dificultoso de ser puesto en práctica en la realidad diaria de los centros docentes. No obstante, puede hacerse también individualmente, lo cual resulta relativamente sencillo: bastará con que el profesor de ciencias acceda a las fuentes de información oportunas, conozca las estrategias adecuadas, posea una mente abierta a la innovación sin aferrarse a lo rutinario y... ponga en marcha su imaginación.

La historia de la ciencia en los libros de texto

Los libros son una importantísima fuente –y algunas veces tristemente la única– de la que los profesores disponen para la información y preparación de sus clases. Es cierto que cada vez se incluyen más apuntes relacionados con la historia de la ciencia en los libros escolares, apuntes más o menos extensos, desde una simple frase hasta lecturas científicas confeccionadas

por los propios autores de los textos o, incluso, mediante fragmentos de escritos originales de los científicos implicados. Sin embargo, en general puede afirmarse que la historia de la ciencia en la enseñanza está infrautilizada. Quedan olvidados frecuentemente el contexto del momento histórico, las controversias científicas y múltiples interrelaciones que han dado lugar al progreso de la ciencia (Gándara, Gil-Quílez y Sanmartí, 2002; Paixão, 2002). Para constatarlo no hay nada más que examinar los libros de texto correspondientes al nivel educativo que aquí discutimos, es decir, los de enseñanza secundaria. Así, la mayoría de las veces se queda simplemente en comentarios anecdóticos que si bien pueden resultar de valor motivador, desperdician gran parte de una aportación que sería, además, la esencial.

Esos apuntes de carácter histórico suelen ser frecuentemente datos biográficos que no profundizan, sino que se detienen en lo meramente superficial. Porque tratados adecuadamente esos datos biográficos pueden contribuir notablemente a que se llegue a objetivos más amplios. Así, de un modo u otro, en casi todos los textos se nombra a Lavoisier. Pero, en qué pocas ocasiones se aprovecha la oportunidad de mencionar a su principal y fundamental colaborador –o mejor dicho, colaboradora–, su propia mujer. Con ello se desperdicia un buen momento para introducir, por ejemplo, el debate sobre la mujer y su papel en la ciencia y en la sociedad, y sobre la discriminación por género. Y mucho menos, para transmitir a los alumnos la idea de la construcción del pensamiento científico: que éste se ha generado como fruto de la contribución de gran número de científicos, y no tan sólo uno, como tantas veces se deja ver. Tal es el caso de la moderna teoría atómica: al estudiarla sólo se menciona a Dalton, pero siempre se olvida resaltar la aportación fundamental que otros científicos hicieron a su construcción, como por ejemplo Boyle, al que normalmente se asocia tan sólo con los gases y la ley de su nombre. Se mostraría asimismo que el conocimiento científico no es fijo e inamovible, sino que se va generando en un proceso dinámico, con pasos hacia delante y hacia atrás, pero en un camino de firme progreso dirigido hacia la verdad científica.

Respecto a las imágenes, tampoco aparecen muchas y las que se incluyen suelen ser tan sólo representaciones de científicos, pero raras veces de los aparatos que utilizaron.

Podríamos continuar introduciendo tantas y tantas observaciones de este tipo, pero ésta no es la ocasión más apropiada para extenderse en ello. La conclusión es que, en definitiva, en general los libros de texto incorporan los contenidos científicos sin acompañarlos de una perspectiva en historia y en filosofía de la ciencia que aunque breve, fuese verdadera: se necesitaría presentar los descubrimientos y los resultados de la experimentación, así como las teorías científicas, realizando algún análisis de todos ellos y de su relación, y no como meras “conclusiones retóricas”, sin ninguna discusión (Schwab, 1962; Jensen, 1998; Niaz y Rodríguez, 2000). Y como los libros de texto resultan un factor muy a tener en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje, según las razones anteriormente señaladas, habrá de cuidarse el tratamiento que en ellos se hace de la historia de la ciencia para que su utilización cumpla plenamente con las metas previstas.

Reflexiones finales

Si reflexionamos sobre las aportaciones que la utilización de la historia de la ciencia haría al proceso de enseñanza-aprendizaje, encontraremos grandes razones para argumentar en su favor. En primer lugar, la historia de la ciencia nos proporciona una visión *interdisciplinar*, tan necesaria para la dinámica de nuestros momentos actuales. También a través de su estudio apreciaremos la *universalidad* de tantos científicos que trabajaron en muy diferentes capítulos de la ciencia y, además, con acierto en muchos de esos capítulos (aunque, lamentablemente, el reconocimiento a su labor no haya resultado fácil en gran número de casos, llegando incluso después de la muerte). Percibiremos así una ciencia con un sentido global, no aislada ni de otras ciencias, ni de otras ramas del saber, ni de la cultura del hombre. Y a través de su evolución conoceremos cómo han ido variando las teorías, perfeccionándose unas y desapareciendo totalmente otras (caso del flogisto, por ejemplo). Con ello podremos darnos cuenta de los *peligros del dogmatismo*, bien sea en la ciencia o en cualquier postura, creencia o ideología del ser humano.

Vivimos en un mundo cambiante a velocidad extrema. La globalización es un factor imperante; muchas fronteras políticas van desapareciendo, pero también se crean otras nuevas. El estado de "bienestar" se extiende, pero al mismo tiempo se agudizan las diferencias, tan terribles, entre "pobres" y "ricos" a nivel de individuos y también a nivel de países y de continentes. Se hace necesaria una visión más humanista de la sociedad y con ella también de la ciencia y la tecnología, responsables en gran medida de tantos y tan profundos cambios. De esa manera se preservarían y mantendrían una serie de valores que harían virar la orientación del hombre hacia aspiraciones menos materialistas que las actuales. Entre estas últimas tienen cabida preocupaciones muy conectadas directamente con la ciencia, como son las de tipo ecológico de velar por el mantenimiento y mejora de nuestro medio ambiente o, al menos, de decir "no" a su constante degradación. O dar otro "no" al derroche energético.

Otro ejemplo evidente lo constituye asimismo otro capítulo –por otra parte importantísimo– de la historia de la ciencia y que estamos viviendo en el día de hoy: el de los avances alcanzados en el campo de la biogenética y, más concretamente en los trabajos e investigaciones llevados a cabo con células madre o los de clonación. Todos ellos están actualmente rodeados de problemas de tipo moral y ético que una parte de la sociedad plantea ante esta nueva vertiente de la ciencia. Problemas que requieren también unas nuevas disposiciones legales y una nueva concienciación de la ciudadanía para que se haga un balance entre los posibles perjuicios que pueden surgir y los innegables avances que esos estudios pueden proporcionar para aliviar el dolor humano. Y para no frenar el avance científico, teniendo al mismo tiempo un sentido crítico y responsable a fin de calibrar los abusos y problemas, a veces impensables de antemano, que esos avances pueden originar.

Y, ¿qué mejor ayuda para crear esas inquietudes que el conocimiento de la historia de la ciencia? Conociendo el pasado de la ciencia, su evolución y su interacción con los factores sociales, podrá extrapolarse al presente y al futuro, en gran manera, el valor de esas interacciones. Con ello

aprenderemos a medir sus beneficios y a estar alerta para prevenir sus riesgos.

Referencias bibliográficas

Acevedo, J.A. (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique*, 3, 75-84.

Acevedo, J.A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 409-420.

Acevedo, J.A.; Manassero, M.A. y A. Vázquez (2002). Nuevos retos educativos: Hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Revista Pensamiento Educativo*, 30, 15-34.

Acevedo, J.A.; Vázquez, A. y M.A. Manassero (2002). El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. En <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>. Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

Bevilacqua, F. (1988). Histoire de la Physique et Didactique Innovative. En Blondel, C. y Brouzeng, P. (Eds.), *Science Education and the History of Physics* (pp. 13-21). París: Université Paris-Sud/Cité des Sciences.

Brush, S.G. (1974). Should the History of Science be Rated X? *Science*, 19, 1164-1172.

Caamaño, A. (2001). La introducció dels avenços de la física y la química en el currículum de secundària. *Escola Catalana*, 379, 30-38.

Caamaño, A. y A. Vilches (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo. *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra, tomo 2 (VI Congreso), 21-22.

Cheek, D.W. (1992). *Thinking Constructively About Science, Technology and Society Education*. New York: State University of New York Press.

Dana, T.M. (1990). The history and philosophy of science: what does it mean for science classrooms? *The Australian Science Teachers Journal*, 36, 21-26.

Duschl, R.A. (1994). Research on the history and philosophy of science. En Gabel, D.L. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching* (pp. 443-465). New York: MacMillan.

Esteban, S. (2000). Evolution of the scientific ideas: a way of learning chemistry. *IV Summer Symposium on the Philosophy of Chemistry and Biochemistry*, Poznan (Polonia).

Esteban, S. (2001). *Introducción a la Historia de la Química*. Madrid: UNED (Colección Cuadernos de la UNED)

Fensham, P.J. (1990). What will science education do about technology? *The Australian Science Teachers Journal*, 36, 8-21.

Fernández González, M. (1997). La Historia en la Enseñanza de las Ciencias. En Jiménez Pérez, R. y Wamba Aguado, A. (Eds.), *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 225-232). Huelva: Universidad de Huelva.

Fleming, R. (1989). Literacy for technological age. *Science Education*, 73, 391-404.

Furió, C.; Hernández, J. y H. Harris (1987). Parallels between adolescents' conception of gases and the History of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64(7), 616-618.

Gándara, M.; Gil-Quílez, M.J. y N. Sanmartí (2002). Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 303-314.

Gil, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18, 889-901.

Gil, D. y A. Vilches (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

Heisenberg, W. (1955). *Das Naturbild der heutigen Physik*. Hamburgo: Rowolt Verlag. Versión en castellano (1976): *La Imagen de la Naturaleza en la Física Actual*. Barcelona: Ariel.

Hodson, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72, 19-40.

Jensen, W.B. (1998). Logic, history and the chemistry textbook. *Journal of Chemical Education*, 75, 817-828.

Jong, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 305-314.

Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science and Education*, 1, 273-299.

Kuhn, T.S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. Versión en castellano: (1975) *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México, DF: Fondo de Cultura Económico.

Lazarowitz, R. y P. Tamir (1994). Research on using laboratory instruction in science. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-128). New York: McMillan Publishing Co.

Marco, B.; González, A. y A. Simo (1986). *La perspectiva histórica en el aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea.

Martins, I.P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1, 1, Artículo 2. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.

Membiela, P. (1995). Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales. *Alambique*, 3, 7-11.

Membiela, P. (1997). Una revisión del movimiento educativo Ciencia-tecnología-Sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), 51-57.

Membiela, P. (Ed.) (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

Monk, M. y J. Osborne (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 82, 527-552.

Moore, J.W. (1998). Editorial: History, chemistry and a longer view. *Journal of Chemical Education*, 75, 1199.

Niaz, M y M.A. Rodriguez (2000). Teaching chemistry as rhetoric of conclusions or heuristic principles-A history and philosophy of science perspective. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 315-322. En http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie.

Paixão, F. (2002). The image of History of Science in Portuguese school textbooks. *27th ATEE Annual Conference*. Varsovia (Polonia).

Paixão, M.F. y A. Cachapuz (2000). Mass conservation in chemical reactions: the development of an innovative teaching strategy based on the history and philosophy of science. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 201-215. En http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie.

Sánchez-Ron, J.M. (2000). *El Siglo de la Ciencia*. Madrid: Taurus.

Salter Science (1996). *The Salters' Approach*. ASE, Association for Science Education. University of York. (Reino Unido).

SATIS, Science and Technology in Society (1986). ASE, Association for Science Education. University of York. (Reino Unido).

Scerri, E.R. y L. McIntyre (1997). The case for the philosophy of chemistry. *Synthese*, 111, 213-232.

Schwab, J.J. (1962). *The teaching of sciences as enquiry*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Solbes, J.; Vilches, A. y D. Gil (2002). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 221-231). Madrid: Narcea.

Solomon, J. (1988). Science society course: tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, 14, 397-401.

Solomon, J. (1993). *Teaching science, technology and society*. Walton Halls: Open University Press.

Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.

Tamir, P. (1990). Evaluation of student laboratory work and its role in developing policy. En Hegarty-Hazel, E. (Ed), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 242-267). Londres: Routledge.

Tsaparlis, G. (2000). Chemistry and science education versus education: a top-down and bottom-up relation. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 5-7. En http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie.

Whitaker, M.A.B. (1979). History and Quasi-history in Physics Education I y II. *Physics Education*, 14, 108-112 y 239-242.