

La introducción de las interacciones ciencia, técnica y sociedad (CTS)

Una propuesta necesaria en la enseñanza de las Ciencias

Amparo Vilches

Introducción

Las investigaciones llevadas a cabo sobre las causas del desinterés de alumnos y alumnas hacia el estudio de disciplinas científicas, así como la necesidad de plantearse lo que es básico hoy en la enseñanza de las Ciencias como consecuencia de los enormes cambios sufridos en la sociedad y en ciencia y tecnología, han generado en numerosos países el desarrollo de una nueva línea de investigación en didáctica. Ésta trata de aproximar la enseñanza de las Ciencias a las necesidades de los alumnos como miembros de sociedades cada vez más desarrolladas, científica, y tecnológicamente, y ha generado, a su vez, numerosos proyectos que pretenden la integración del aprendizaje de la ciencia en la problemática del medio en que se inserta; proyectos que plantean, por tanto, el tratamiento en clase de las interacciones de la ciencia y la tecnología con el entorno natural y social en que se encuentran (CTS).

Sin embargo, esta necesidad de conectar la ciencia que se enseña en las escuelas con la realidad de una sociedad cada vez más orientada científica y tecnológicamente, que se ha manifestado a través de la investigación didáctica como algo importante para comprender mejor la naturaleza de la ciencia, no es del mismo modo reconocida en la enseñanza habitual.

Así, como se puso de manifiesto en anteriores trabajos (Solbes y Vilches, 1989 y 1992), la enseñanza en nuestro país, a través de los libros de texto, muestra, en general, una imagen de la ciencia y de la tecnología que no tiene en cuenta aspectos cualitativos de tipo histórico, social, que se caracteriza por su desconexión de los problemas reales del mundo, que ignora la estrecha interacción entre el conocimiento científico y otros campos, como la filosofía, la ética o la economía, que no contribuye a poner de manifiesto las profundas interacciones de la ciencia y la técnica con la sociedad y el medio en que se desarrollan.

Por otro lado, gran parte del profesorado contribuye también a esa imagen de la ciencia, imagen que se muestra alejada de la realidad, ya que, aunque muchos piensan que el tratamiento de las interacciones CTS debe formar parte del currículum de Ciencias para mostrar una imagen más contextualizada de éstas, en la práctica, al analizar materiales didácticos, la ausencia de estos aspectos cualitativos de relación CTS no es tenida en cuenta como algo fundamental en la enseñanza (Vilches, 1993). Asimismo, al elaborar actividades CTS para las clases de Ciencias, la mayor parte del profesorado se inclina por los aspectos relacionados con las simples aplicaciones técnicas, olvidando otros aspectos fundamentales de las interacciones CTS, por considerarlos más conflictivos, pensando incluso que se alejan de los contenidos científicos y que no deben ser tenidos en cuenta en la enseñanza.

Todo esto, lógicamente, tiene importantes consecuencias en los alumnos y alumnas, quienes se forman una imagen distorsionada e incompleta de la ciencia y de los científicos, desconocen las implicaciones entre ciencia y técnica, así como su influencia en la sociedad y en el medio ambiente, en la actualidad y a lo largo de la historia, y, generalmente, ignoran la influencia de la sociedad y el medio en el desarrollo científico y tecnológico.

Esa imagen de la ciencia contribuye al desinterés del alumnado hacia su estudio y, a veces, incluso a una actitud negativa, de rechazo, hacia el conocimiento de algo que les parece ajeno, a lo que no encuentran utilidad, destinado, en su opinión, sólo a futuros estudiantes de carreras científicas, pero que no sirve de nada fuera del medio escolar.

Sin embargo, cuando se les pregunta sobre qué aspectos creen que podrían aumentar su interés hacia la Física y la Química o qué cosas se podrían incluir en un curso de Ciencias interesante para ellos, son muchos los que citan aspectos relacionados con las interacciones CTS, como conectar la disciplina con la realidad, estudiar las ventajas e inconvenientes del desarrollo tecnológico en el medio ambiente, relacionar la ciencia con los problemas de la vida cotidiana, realizar visitas al exterior del centro (museos de ciencia, industrias, centrales, etc.), contactos con profesionales, debates sobre temas de actualidad o problemas del desarrollo de la ciencia y la tecnología a lo largo de la historia, saber para qué sirve lo que se estudia y qué problema resuelve o genera y numerosas aplicaciones técnicas concretas relacionadas con el desarrollo de las disciplinas científicas.

Las interacciones cts en la enseñanza de las ciencias

Trabajos recientes han puesto de manifiesto que mostrar la imagen de la dimensión humana de la ciencia, estimular el estudio de la ciencia como vehículo cultural, conectar la ciencia que se enseña con los problemas reales del mundo, son,

claramente, una meta que alcanzar en la enseñanza. No sólo para mostrar una imagen de la ciencia más completa y más real, sino también porque se obtienen resultados muy positivos en el aprendizaje, así como en las actitudes y el interés de los alumnos y alumnas hacia la ciencia, proporcionando una mejor comprensión de los conocimientos científicos y contribuyendo a debilitar la imagen elitista de la ciencia (Penick y Yager, 1986).

En definitiva, la inclusión de estos aspectos en la enseñanza de las Ciencias va a permitir lo siguiente:

1. Mostrar una imagen socialmente más contextualizada del conocimiento científico, lo que ayudará a identificar los problemas de la vida real, formular soluciones o tomar decisiones frente a los problemas planteados.
2. Profundizar en la problemática asociada a la construcción del conocimiento científico, lo que permitirá comprender mejor el papel de la ciencia y la tecnología.
3. Comprometer a los jóvenes en la solución de los graves problemas que hipotecan el futuro de la humanidad: destrucción del medio ambiente, polarización de riqueza y pobreza, enfermedades, armas nucleares, etc.
4. Conseguir que la enseñanza de las Ciencias se transforme en un elemento fundamental de nuestra cultura, para la formación de ciudadanos y responsables, no sólo para su capacitación profesional, sino también para que puedan participar activamente en los asuntos sociales, contribuyendo así a dar sentido a los estudios que se realizan y favoreciendo el interés y las actitudes positivas.

Un aprendizaje así orientado, recuperando los aspectos históricos de interacción CTS, se está mostrando en los últimos años como una estrategia de gran eficacia en la educación científica en diferentes países, como han puesto de manifiesto múltiples programas y proyectos, así como los resultados obtenidos y la valoración de éstos por los estudiantes.

Estos programas CTS se estructuran de distintas formas. En algunos casos se incluyen temas o breves estudios CTS en cursos de Ciencias, como el proyecto SATIS (Science and Technology in Society), que pretende, con sus más de cien unidades publicadas, que los estudiantes sean más conscientes de las contribuciones de todo tipo que la ciencia y la tecnología hacen a la sociedad; otros realizan estudios breves que se integran en la exposición de temas científicos, como el Haward Project Physics; en otros casos se trata de asignaturas CTS en las que el contenido científico juega un papel subordinado, como en el proyecto SISCON (Science in Social Context); o el enfoque consistente en enseñar Ciencia a través de CTS, como el proyecto PLON (Physics Curriculum Development Project), que plantea un problema básico conectado con el papel futuro del estudiante, a partir de lo que estructura el conocimiento físico. Algunos proyectos han desarrollado currícula enteros centrados en el tratamiento de problemas específicos de interés social, como el crecimiento de la población o el consumo energético, o el tratamiento interdisciplinar de temas como el desarrollo histórico de la ciencia, las responsabilidades sociales de los científicos etc.

La inclusión de las interacciones CTS

Una propuesta en el marco de un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias

En nuestra opinión, lo más conveniente (Solbes y Vilches, 1989 y 1992) es que las actividades CTS sean tratadas a lo largo del desarrollo de las unidades didácticas, sin renunciar a la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos ni presentando la construcción de éstos como algo ajeno a las interacciones CTS.

No es suficiente, por tanto, que los aspectos CTS, aparezcan en los programas. La mera resolución de actividades CTS no servirá para mucho si no tiene lugar impregnando todos los aspectos del aprendizaje: el planteamiento del problema, la introducción de conceptos, la resolución de problemas, los trabajos prácticos y el propio proceso de evaluación. Así, la introducción de actividades con objetivos y características concretas ayudará a comprender, contextualizar y profundizar en la naturaleza de la ciencia y el conocimiento científico. Esto no implica ampliar el currículum; no se trata de añadir algo a los estudios propiamente científicos con objeto de formar científicos o futuros ciudadanos de la sociedad, sino que se trata de proporcionar una imagen más contextualizada de la ciencia, relacionando el desarrollo de las unidades didácticas con actividades que tengan en cuenta los aspectos citados.

Nuestra propuesta se enmarca en un nuevo modelo de enseñanza de las Ciencias que responde a las características de una investigación dirigida (Gil y cols., 1991), para resolver problemas de interés, en el que se organiza el aprendizaje de los alumnos coherentemente con la orientación constructivista. Los conocimientos se construyen a partir de las propias concepciones de los alumnos, implicándolos en una actividad investigadora, dirigida por el profesor, que unifica la habitual separación entre actividades de introducción de conceptos, trabajos prácticos, resolución de problemas y evaluación. Se dirige su atención hacia aspectos indisolublemente relacionados con el trabajo científico, como son el marco en que se desarrolla el conocimiento científico, la relación de éste con el medio exterior, la influencia de la sociedad en el avance científico y tecnológico, o los problemas que el desarrollo genera o resuelve; es decir, las complejas interacciones CTS que enmarcan el desarrollo científico.

Las interacciones CTS y los programas de actividades

Una de las más importantes implicaciones del modelo constructivista es la concepción del currículum no como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como un programa de actividades (Gil y cols., 1991) a través de las cuales los conocimientos pueden ser construidos y las habilidades adquiridas. Se trata de favorecer el que los alumnos y alumnas puedan construir y afianzar conocimientos a la vez que se familiarizan con las características del trabajo científico.

Sin entrar en detalles sobre el diseño, la elaboración, la utilización o la evaluación de dichos programas de actividades, sobre los que ya existen diferentes trabajos publicados (Gil, 1985; Calatayud y cols., 1990; etc.), se indican a continuación algunos de los criterios que hay que tener en cuenta a la hora de incluir en los programas los aspectos de relación CTS de forma coherente con el modelo didáctico al que nos hemos referido.

- Las actividades deberán plantearse a lo largo del desarrollo de las diferentes unidades didácticas, unidas por un hilo conductor cuando se considere conveniente, y no al final como actividades complementarias descontextualizadas.

- Si se pretende aproximar al alumnado a una actividad investigadora, se deberá evitar que se encuentren en el tratamiento de una situación sin que se hayan formado al menos una primera idea motivadora. Es conveniente, pues, una discusión previa sobre interés del problema, aproximándose a las relaciones CTS y favoreciendo así una actitud más positiva hacia el trabajo que hay que realizar.

- Son tantos los aspectos que están implicados en las relaciones CTS que, en ocasiones, será conveniente remarcar su interdisciplinariedad, desde el punto de vista de la filosofía, del arte, de la ética o de la historia, recurriendo, cuando sea posible, a la organización de debates o exposiciones con profesores de estas materias.

- Si realmente pretendemos no sólo aumentar el interés de los alumnos y mejorar su actitud, sino también mostrar una imagen más completa de las ciencias fisicoquímicas, se deberán realizar todo tipo de actividades CTS en el momento más conveniente, sin olvidar las más conflictivas: las aplicaciones técnicas y la influencia del desarrollo tecnológico en el avance científico, las implicaciones mutuas de ambas en la sociedad y en el medio ambiente, en la actualidad y a lo largo de la historia, los diferentes puntos de vista (social, económico, cultural o ideológico) y las actividades de valoración y toma de decisiones sobre diferentes aspectos, como las transformaciones económicas y sociales, los grandes proyectos bélicos, los efectos sociales o de otro tipo del desarrollo, el impacto medioambiental, la contribución de la ciencia y la tecnología a la solución de los problemas, etc.

- Consideradas las actividades CTS como una herramienta útil en el aprendizaje, sería conveniente, siempre que esto sea posible, la sustitución de actividades tradicionalmente descontextualizadas y abstractas de resolución de problemas o introducción de conceptos, por actividades CTS que, con los mismos objetivos didácticos, pongan al alumnado en contacto con el mundo que le rodea, con problemas de actualidad y con sus posibles soluciones, planteando, asimismo, actividades de contacto con el exterior (visitas o estancias de trabajo en empresas, fábricas, laboratorios, museos de ciencia o planetarios), la lectura y discusión de noticias científicas de actualidad, así como visitas al aula de profesionales o expertos en las cuestiones que se traten.

- Las actividades CTS pueden utilizarse al terminar los temas, de forma globalizadora, incluyendo varios aspectos, a modo de resumen y de recapitulación de todo lo tratado, como posible evaluación del proceso de aprendizaje.

Teniendo en cuenta estos criterios, se han elaborado materiales para el tratamiento de las relaciones CTS en las clases, utilizando como base algunas de las publicaciones que contienen los programas de actividades en el marco del nuevo modelo de enseñanza de las Ciencias por investigación (Calatayud y cols., 1990, 1991a, 1991b y 1992; Hernández y cols., 1992; Payá y cols. 1992; etc.), completándolos con actividades sobre aspectos concretos de interacción CTS que consideramos que no estaban suficientemente desarrollados en los materiales citados (Vilches, 1993).

Actividades CTS

Algunos ejemplos de interés para las clases de Ciencia

Según nuestra propuesta, las actividades CTS se incluyen a lo largo del desarrollo del programa, siguiendo el hilo conductor de éste y atendiendo a todos los aspectos del aprendizaje, y no como meras actividades complementarias al final de cada capítulo; de ahí el interés por poder observar las actividades contextualizadas en un tema concreto.

Si bien la extensión de este artículo no permite, en esta línea, mostrar un ejemplo, puede ser de interés presentar algunas actividades CTS de las publicaciones señaladas anteriormente o de las elaboradas para completarlos que muestran diferentes aspectos de dichas interacciones. Estos aspectos, en general, no son los más frecuentes en la enseñanza habitual, con comentarios explicativos que pueden ayudar a comprender sus objetivos, sin olvidar que se trata sólo de ejemplos aislados de algunos de los muchos aspectos y temas que se pueden tratar en un curso de Ciencias. No deben entenderse, pues, de una forma descontextualizada ni al margen del conjunto de objetivos didácticos.

1. Explica qué tienen en común, en qué se relacionan y en qué se distinguen la Ciencia y la Técnica

Objetivo: Interacciones ciencia/técnica.

Comentarios: Con esta actividad se pretende hacer ver la complejidad de las relaciones entre ciencia y técnica, su interacción a lo largo de la historia, que no siempre ha sido igual. Con frecuencia se habla de la tecnología como una aplicación de la ciencia pura, pero una distinción neta entre ambas es prácticamente imposible. Muchas investigaciones han tenido su origen en problemas de orden técnico (el estudio de la composición de movimientos realizado por Galileo es solidario de la práctica de lanzamiento de proyectiles) y el avance tecnológico determina, con frecuencia, la misma posibilidad del trabajo científico (progresos de la astronomía gracias a los telescopios, por ejemplo) o su desarrollo espectacular.

2. *El científico J. Franck afirmó en un discurso: "(Los científicos) solemos ser cautos y, por tanto, tolerantes. Es precisamente la objetividad la que nos impide tomar resueltamente partido en política, porque aquí nunca está la razón de una parte". ¿Qué opinas de esta afirmación? ¿Conoces contraejemplos, es decir, científicos que hayan tomado partido colaborando activamente en los sistemas políticos o que se hayan manifestado con una actitud crítica?*

3. *¿Cuál crees que es el papel de los científicos en la sociedad? Objetivo: Imagen de los científicos*

Comentarios: Ha sido constatado por la investigación didáctica que los alumnos tienen una imagen distorsionada y tópica que presenta a los científicos, por ejemplo, como "fríos y desapasionados buscadores de la verdad"; o la idea de la "objetividad científica", tópico que, como hemos contrastado, los mismos libros de texto reproducen y que convendría modificar, realizando un tratamiento explícito de estos mitos, sobre los científicos y sus métodos de trabajo, planteando contraejemplos que muestren cómo dichos científicos no se comportan según sus ideas. Pueden ser de gran ayuda la lectura (y el debate posterior) del artículo "Los científicos y sus actitudes políticas ante los problemas de nuestro tiempo", de donde se ha extraído el texto de la actividad 2, sobre J. Franck (pág. 153) (*Enseñanza de las Ciencias*, 5, (2), 149-156).

5. *Trata de valorar críticamente, sopesando posibles ventajas e inconvenientes, el papel que ha jugado la ciencia en la vida de los hombres y mujeres. Objetivo: Actividad de valoración crítica.*

Comentarios: Se trata de una actividad que, llevada a cabo en pequeños grupos, suele plantear vivas discusiones entre quienes resaltan las posibilidades de las ciencias para dar respuesta a los problemas con que se enfrenta la humanidad, al mejor conocimiento del mundo que nos rodea, y quienes ponen de relieve su uso irracional, la invención de armas mortíferas, la contaminación provocada por el desarrollo industrial, etc. Los resultados de esta actividad, puestos de manifiesto en la investigación didáctica (Vilches, 1993), son un indicativo del interés de realización de ésta, contribuyendo a que los alumnos puedan adoptar una actitud responsable y fundamentada frente al desarrollo científico y técnico, y las consecuencias que de él se derivan, saliendo al paso de un creciente rechazo a la actividad científica, que confunde la ciencia con las consecuencias más negativas de su aplicación al desarrollo productivo.

6. *Realizad un estudio de los tipos de energía consumida en vuestro país: su origen, la cantidad consumida, los problemas relacionados con su consumo, etc*

7. *Durante el desarrollo del tema, seleccionad las noticias de prensa relacionadas con la energía, con los problemas sociales, tecnológicos, de medio ambiente y económicos que se derivan de ésta y su distinta utilización, con el fin de elaborar un 'poster' que ponga de manifiesto la importancia y actualidad de dichos temas.*

Objetivo: Relaciones entre ciencia, técnica y entorno natural y social.

Comentarios: La realización de actividades de este tipo (estudios, "dosier", "poster", etc.) suele despertar el máximo interés en los alumnos, así como el contacto con la prensa y medios de comunicación en busca de la "noticia" que relaciona lo que se estudia en clase con temas de actualidad, problemas cotidianos, etc., y contribuye a aproximar el estudio a la realidad social de la ciencia y la técnica, de sus logros y de sus posibles inconvenientes.

8. *La lluvia ácida es la responsable del deterioro de las estatuas expuestas al medio ambiente, de la acidificación de lagos, ríos y aguas subterráneas y del exterminio de bosques y vegetación próximos a ciertas industrias. Realizar un pequeño estudio sobre el origen de la lluvia ácida, describiendo los procesos que tienen lugar, sus consecuencias y las posibles soluciones.*

9. *Los principales agentes contaminantes derivados de la utilización de la energía son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el mercurio, el plomo, el petróleo y la radiación. Explica en qué procesos crees que se originan, por qué son contaminantes o nocivos y cómo se podría evitar.*

Objetivo: Interacciones entre ciencia y entorno natural y social. Comentarios: Estas actividades están relacionadas con algunos de los muchos temas sobre la contaminación que tienen gran difusión e impacto y, algunos, por primera vez en la historia, carácter mundial. En cierta medida, son responsables de parte de la actitud negativa de los alumnos hacia la ciencia y el desarrollo tecnológico, por lo que consideramos muy importante su discusión, intentando que conozcan y valoren de forma crítica los graves problemas de la contaminación de nuestro planeta, que contemplan las posibles soluciones y debatan el problema de la modificación del medio, así como la contribución de la ciencia a poner de manifiesto los problemas ecológicos, a la búsqueda de soluciones y a la aplicación de éstas. Se debe debatir sobre la necesidad de la

conciencia ciudadana, sobre quién tiene el poder para tomar decisiones, sin olvidar la responsabilidad social de científicos y técnicos, los problemas éticos, la función de las instituciones y organismos internacionales, tan decisiva para comprender el papel actual y de futuro de la aplicación inadecuada de los avances tecnológicos y sus consecuencias.

Conclusion

El tratamiento de las interacciones CTS en las clases de Ciencias, como se ha puesto de manifiesto en una investigación realizada con estudiantes de Secundaria, permite al alumnado la construcción de conocimientos científicos, incluyendo aspectos esenciales que afectan a la actividad científica y que, a su vez, contribuyen a la profundización y afianzamiento de dichos conocimientos. Se ha observado que los alumnos y alumnas que han seguido un curso de estas características tienen una imagen más completa de la ciencia, más real, a la vez que muestran un mayor interés y una mejor actitud hacia la ciencia y su aprendizaje.

Ahora bien, teniendo en cuenta que el problema de la actitud hacia la ciencia afecta a todos los aspectos del aprendizaje, la solución más global al problema requerirá propuestas concretas desde estos diferentes aspectos de la enseñanza, tendientes a generar actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje, máxime si tenemos en cuenta, como ha puesto de manifiesto la investigación didáctica, que una actitud positiva hacia la ciencia en los alumnos y alumnas produce el desarrollo de una mayor comprensión hacia ésta y la obtención de mejores resultados

Hemos hablado de:

Educación
Ciencias experimentales
Ciencia
Técnica
Sociedad
Enseñanza de las ciencias
Interacciones CTS

Bibliografía

Calatayud, M.L. y cols. (1988,1990): La construcción de las Ciencias Físico-Químicas. Valencia. Nau Llibres. Libro del alumno y libro del profesor

Calatayud, M.L.; Hernández, J.; Solbes, J.; Vilches, A. (1991a): Química II. Materiales de Reforma FQ 5. Valencia. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. D. G. Innovación Educativa

Calatayud, M.L.; Hernández, J.; Solbes, J.; Vilches, A. (1991b): Química COU. Programas de actividades. Materiales Didácticos. Valencia. Nau Llibres. Libro del alumno y comentarios para el profesor (1993)

Calatayud, M.L.; Solbes, J.; Vilches, A. (1992): Física 1º- de Bachillerato. Valencia. Materiales de la Reforma. Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Libros del alumno y del profesor.

Driver, R.; Oldham, V. (1986): "A constructivist approach to curriculum development in science". *Studies in Science Education*, 13, 105-122

Gil, D. (1985): "El futuro de la enseñanza de las ciencias: algunas implicaciones de la investigación educativa". *Revista de Educación*, 278, 27-38,1985

Gil, D.; Carrascosa, J.; FURIÓ, C.; Martínez, J. (1991): La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria. Barcelona. Horsori

Hernández, J.; Payá, J.; Solbes, J.; Vilches, A. (1992): Materia y Electricidad 3º Curso. Materiales de la Reforma. Valencia. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Libros del alumno y del profesor

Payá, J.; Solbes, J.; Vilches, A. (1992): La Mecánica: una ruptura con la Pica preclásica. 4º Curso. Materiales para el desarrollo curricular. Valencia. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Libros del alumno y del profesor

Penick, J.E.; Yacer, R.E. (1986): "Trends in science education: some observatios of exemplary programme in the United States". *European Journal of Science Education*, 8, (1),1-8

Polo, F.; López, J.A. (1987): "Los científicos y sus actitudes políticas ante los problemas de nuestro tiempo". Enseñanza de las Ciencias 5, 149-156

Solbes, J.; Vilches, A. (1989): "Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad. Un instrumento de cambio actitudinal P. Enseñanza de las Ciencias, 7, (1), 1420

Solbes, J.; Vilches, A. (1992): "El modelo constructivista y las relaciones Ciencia, Técnica, Sociedad". Enseñanza de las Ciencias, 10, (2),181-186

Vilches, A. (1993): Las Interacciones CTS y la Enseñanza de las Ciencias Físico-químicas. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia

Dirección de contacto

Amparo Vilches

IPN (Institute for Science Education). Universität Kiel (Deutschland) Seminario de Investigación e Innovación en Didáctica de las Ciencias. Universidad de Valencia