

LAS RELACIONES ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*

Acevedo, J.A. y Vázquez, A. (Coords.)

* Monográfico de la *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, volumen 2, número 3

Desde hace algunos años ha dejado de ser una extravagancia o una muestra de diletantismo hablar de estudios de ciencia y tecnología socialmente contextualizados, de estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS en adelante) u otras denominaciones que se refieren a las nuevas perspectivas que sobre las ciencias y tecnologías empezaron a circular dentro del ámbito académico en los años 70, aunque con precedentes eminentes en los estudios de sociología del conocimiento.

Prueba de ello es que la *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (REEC)¹ es una publicación digital de didáctica de las ciencias que, no sólo no desdeña tratar esta perspectiva y sus implicaciones para la educación científica, sino que se hace eco, en los seis artículos que componen el monográfico publicado en el número tres de su segundo volumen, de diferentes maneras de ver "las relaciones entre la ciencia y la tecnología en la enseñanza de las ciencias". Hay que resaltar también que desde su aparición la revista se ha ocupado de los enfoques CTS y su relevancia para la educación científica.

Destaca el hecho de que una revista dedicada a la didáctica de las ciencias se plantee una reivindicación de la tecnología y una redefinición del tradicional papel de sumisa aplicadora de lo que la ciencia, casi siempre "pura", le concede. Ésta es una de las caracterizaciones más extendidas popularmente según la imagen tradicional de la ciencia, que, por lo demás, aparece documentada en varios de los artículos que forman el número monográfico que se reseña. Por otra parte, este interés no sorprenderá a los que sigan a los editores invitados por REEC para coordinar este monográfico, José Antonio Acevedo y Ángel Vázquez, cuyos artículos sobre los temas CTS en la educación científica son muy numerosos. Una muestra de los mismos puede consultarse en las páginas de la biblioteca digital de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)².

Es posible que haya quien entienda que la variedad de enfoques CTS que aparecen en este monográfico sea una muestra de lo embrionario y difuso del movimiento CTS en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, suponiendo que toda disciplina tiene, al menos, que aspirar a conseguir un cierre que reduzca la variedad de puntos de vista que pueden aparecer ante el lector de estos artículos. Lejos de ello, es seguramente esta pluralidad de puntos de vista la que sirve no sólo para enriquecer teóricamente esta perspectiva, sino para que los docentes de diferentes disciplinas puedan encontrar interesante lo que aquí se cuenta; a pesar de la tradicional balcanización de

¹ <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

² <http://www.campus-oei.org/oeivirt/>

las ciencias que han vivido y todavía viven los departamentos universitarios y de la educación secundaria.

Un aspecto que también merece la pena destacar es que el monográfico recoja artículos en castellano y en portugués. Seguramente esto promueve la idea de una educación CTS de ámbito no sólo ibérico, sino también latinoamericano. De hecho, los autores son españoles, portugueses, brasileños, argentinos y cubanos.

El monográfico dedicado a *Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias* se ocupa de la educación científica desde lo que podríamos llamar diversas modulaciones de la perspectiva CTS, atendiendo especialmente al papel que la tecnología debería tener en una enseñanza de las ciencias más adecuada a la realidad y al papel de la educación tecnológica en una alfabetización de los ciudadanos encaminada hacia la toma de decisiones tecnocientíficas dentro de las sociedades democráticas. De todo ello se habla en el editorial que acompaña al monográfico.

Todos los artículos tienen importantes repercusiones prácticas, es decir, consecuencias sobre las maneras de entender las prácticas docentes. Como se sabe, y señalan muchos de los autores de los artículos, la distinción entre práctica y teoría es más compleja y difícil de establecer de lo que habitualmente se ha supuesto. No obstante, puede decirse que hay algunos trabajos que se centran en el análisis y la reflexión sobre el papel de la tecnología en la enseñanza de las ciencias y en qué debe consistir una adecuada educación científica, mientras que otros, sin obviar esa reflexión, recogen algunas propuestas, más o menos contrastadas en la práctica, para llevar a cabo esas modificaciones.

Los artículos de Isabel P. Martins (art. 6), Márcia Goretti Lima da Silva e Isauro Beltrán Núñez (art. 7), Mariano Martín Gordillo (art. 10) y Soledad Esteban Santos (art. 11), no sólo reflexionan acerca de la educación científica y el papel de la tecnología en ella, sino que apuntan diversas propuestas prácticas. Los artículos de Isabel Fernández, Daniel Gil, Amparo Vilches, Pablo Valdés, António Cachapuz, João Praia y Julia Salinas (art. 8) y José Antonio Acevedo Díaz, Ángel Vázquez Alonso, Mª Antonia Manassero Mas y Pilar Acevedo Romero (art. 9) no incluyen propuestas concretas para llevar al aula, aunque lo que se dice en ellos tenga importantes repercusiones prácticas.

El artículo de Isabel Fernández *et al.*, *El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia*, pasa revista a las visiones deformadas de la ciencia que se transmiten en los contextos escolares. Los estereotipos que aparecen aquí sobre la ciencia se ven también reforzados por el olvido que se tiene del papel que la tecnología juega en el desarrollo científico. En esas visiones la ciencia aparece *descontextualizada*; no hay una correcta percepción de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente, y la tecnología aparece siempre como mera aplicación de los conocimientos científicos. La ciencia se percibe también de modo *elitista, individualista y masculina*, donde los conocimientos científicos aparecen como obra de genios (hombres) aislados en su torre de marfil y ajenos a todo valor ético, político, cultural... En este caso, se olvidan los necesarios elementos tecnológicos, imposibles de asumir hoy por una sola persona; así mismo, se minusvalora la aportación de los maestros de taller, técnicos, etc. Ese mismo científico, opera en su

laboratorio buscando la verdad de los "hechos desnudos", sin ningún tipo de apriorismo teórico; es decir, se transmite una *concepción empiro-inductivista y ateórica*. A pesar de esta imagen empirista, la enseñanza de las ciencias sigue siendo fundamentalmente libresca, con escasa experimentación real, lo que quizá tiene mucho que ver con la ausencia de formación tecnológica entre los profesores de ciencias. Si bien la técnica ha existido sin ciencia, ésta siempre ha incluido elementos tecnológicos que podrían incorporarse a la educación científica con un cambio en la visión de la ciencia que se enseña. Junto a éstas se señalan otras visiones igualmente deformadas. Todas ellas ignoran o distorsionan el papel de la tecnología en el desarrollo científico y sus relaciones con la ciencia y la sociedad. Por último, los autores plantean la necesidad de reformular las prácticas docentes en la educación científica, que debe partir de la ruptura con esas visiones deformadas, para alcanzar, cabe suponer, una visión más adecuada de la ciencia.

En el artículo de José Antonio Acevedo Díaz *et al.*, *Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia*, se sostiene que a pesar de que hay motivos didácticos, epistemológicos y sociales suficientes para introducir la dimensión tecnológica en la educación científica, el hecho es que ha sido marginada de los currículos de ciencias. En la primera parte del artículo, analizan y discuten diferentes modelos de las relaciones entre ciencia y tecnología siguiendo a Niiniluoto: la tecnología se subordina a la ciencia y puede reducirse a ella, sería un punto de vista positivista; la ciencia se subordina a la tecnología y puede reducirse a ella, es otra creencia que puede relacionarse con ciertos puntos de vista marxistas; ciencia y tecnología son más o menos lo mismo y se identifican bajo el nombre de tecnociencia, etc. Los autores concluyen que lo más prudente es considerar que ninguno de estos modelos puede dar cuenta por sí mismo de las complejas relaciones entre la ciencia y la tecnología. Desde una perspectiva sistémica, los autores señalan también que la tecnología tiene al menos tres dimensiones: técnica (conocimientos, instrumentos, recursos, etc.), organizativa (planificación, economía, etc.) e ideológico-cultural (valores, creencias, códigos éticos, etc.).

En la segunda parte del artículo, se resumen algunas creencias sobre la tecnología de los alumnos y los profesores. Las investigaciones de los autores han puesto de manifiesto lo propagado que está el primer modelo de relaciones ciencia-tecnología antes mencionado; esto es, la visión de la tecnología como ciencia aplicada. Asociada a ella se encuentra muy extendida también la idea que vincula la tecnología con la producción de artefactos, ignorando las tecnologías sociales. Son minoritarias otras visiones más adecuadas de la tecnología que la relacionan con la necesidad de resolver problemas prácticos, los aspectos organizativos y los procesos.

De todo ello los autores concluyen que el profesorado debe avanzar "en el significado de las nociones de ciencia y tecnología, incluyendo la presencia de lo social en la naturaleza y la práctica de ambas, ya que se trata de construcciones humanas. Es necesario, así mismo, provocar la reflexión del profesorado sobre los impactos que la ciencia y la tecnología ejercen en la sociedad, los cuales pueden alcanzar al sistema de valores sociales dominante, incluso mucho más allá de las finalidades y previsiones que inicialmente se pensaban."

En su artículo *Formação inicial de Professores de Física e Química sobre a Tecnologia e suas relações Sócio-Científicas*, Isabel P. Martins considera necesario modificar la imagen pública de la tecnología, que se mueve entre el rechazo y temor a todo lo relacionado con ella y su aceptación acrítica. La autora, distingue claramente entre "educación tecnológica" y "formación tecnológica". La primera no sólo incluye conocimientos sobre la tecnología –como la segunda–, sino que además incorpora reflexiones acerca de los valores que implican unas u otras tecnologías. La presencia de la tecnología en el currículo portugués, que se analiza con algún detalle en este trabajo, se encamina más hacia una cultura tecnológica que hacia una verdadera educación tecnológica.

El enfoque CTS puede ser un elemento esencial para lograr una verdadera educación tecnológica. Un ejemplo de cómo esto se puede llevar a cabo es el proyecto que se expone en el artículo, dirigido a alumnos de la licenciatura de Física y de Química. En el mismo se parte de dos principios. El primero es el de la educación tecnológica desde una perspectiva CTS encaminada a fomentar una conciencia crítica que lleve a una participación pública real. El segundo es abordar la formación de los profesores siguiendo las directrices que se marcan para la enseñanza básica en Portugal, que incluyen una concepción constructivista del aprendizaje y situar la ciencia en su contexto social y tecnológico. El modelo de trabajo escogido fue el de "Proyectos" que tuvo como tema general "El agua", se desarrolla en equipos de tres o cuatro personas durante seis semanas y termina con la construcción de un prototipo. Se han realizado más de treinta maquetas distintas, basadas en temas de uso social (estaciones de tratamiento de aguas residuales, radiadores de automóviles, salinas...), doméstico (máquinas de café expreso, sistemas automáticos de riego, bañeras de hidromasaje...), recreativo (piano de agua) y de historia de la ciencia y la técnica (tornillo de Arquímedes). El proceso seguido fue enriquecedor respecto a la reflexión, búsqueda de información, lecturas realizadas, desarrollo del pensamiento crítico y comprensión de las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad.

Márcia Gorette Lima da Silva e Isauro Beltrán Núñez se ocupan de la educación tecnológica en la enseñanza de la química en su artículo *Os saberes necessários aos professores de química para a Educação Tecnológica*. Partiendo de los "saberes" iniciales de los profesores de química, exponen una propuesta de trabajo para promover la educación tecnológica de los alumnos de enseñanza media en Rio Grande do Norte, Brasil. En ésta se incluyen problemas socio-técnicos prácticos relevantes y motivadores para los alumnos, situando los conceptos científicos y tecnológicos en el contexto de los procesos químicos industriales. Se analiza el proceso de producción, sus principios científicos y tecnológicos y su contexto social, mostrándose así las relaciones CTS implicadas. Para llevar a cabo esta propuesta, los autores consideran que se precisa una modificación de la formación inicial de los docentes, siendo necesario que éstos posean un conjunto de "saberes": (i) disciplinares, como una conceptualización clara de las relaciones entre ciencia y tecnología, una visión más adecuada de las tecnologías propias de la química...; (ii) curriculares, como una buena comprensión de la estructura de los contenidos de química en el currículo de la enseñanza media...; y (iii) pedagógicos, que permitan llevar el conocimiento disciplinar a la práctica del aula. En primer lugar trataron de

averiguar las creencias que los futuros docentes tienen de la tecnología y sus relaciones con la ciencia. La visión más extendida de la tecnología es utilitaria, según la cual se identifica tecnología con construcción de aparatos para resolver problemas prácticos y se asocia al progreso social. Además, los futuros profesores no distinguen claramente entre ciencia y tecnología, y tienden a considerar la tecnología como aplicación de la ciencia. En segundo lugar, los autores pretenden diseñar el currículo de una asignatura para alumnos de enseñanza media titulada "*Tecnología de la industria química y sociedad*".

Como conclusión, los autores consideran que el trabajo sobre diferentes aspectos de los procesos químicos industriales puede ser un recurso valioso para conseguir una educación tecnológica que forme parte de la cultura general de los alumnos de enseñanza media. De este modo, puede conseguirse promover una actitud más reflexiva hacia las tecnologías relacionadas con la industria química y también una participación política y ética en la sociedad.

En su artículo *Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias*, Mariano Martín plantea una serie de consideraciones teóricas sobre la educación y unas propuestas didácticas que refuerzan esas posiciones teóricas y se siguen de ellas. En el caso de la enseñanza de las ciencias la imagen que se transmite se aleja bastante de lo que hoy sabemos que es su funcionamiento real y sus relaciones con la tecnología y la sociedad. La ciencia se mueve en un terreno donde no hay muchas certezas absolutas, donde el trabajo es interdisciplinar, donde ante una controversia tecnocientífica ya no es suficiente con apelar al juicio de los expertos, sino que también hay que tener en cuenta el de los legos... Una ciencia, en definitiva que se mueve el terreno de las incertidumbres, más que en el de la confortable seguridad de los libros de texto. Sin embargo, la ciencia que se enseña es, como apuntaba el artículo de Isabel Fernández *et al.*, una ciencia que se muestra desde unas "visiones deformadas". Seguramente sería útil buscar la causa de esas deformaciones en la configuración de las propias disciplinas escolares. En tal caso, ¿por qué las ciencias y las tecnologías no podrían aportar sus propios conceptos y utilizarlos como metáforas para aclarar su propio papel en la escuela? De esta manera, el autor reivindica el papel esencial que las metáforas juegan en la conformación del conocimiento, en general, y del conocimiento científico, en particular. La propuesta queda planteada y sólo se apuntan algunas posibles aplicaciones metafóricas de conceptos científicos para explicar el funcionamiento de las instituciones educativas. De este modo, en el artículo se expone el papel de los aspectos iniciales de la enseñanza de las ciencias a partir de una serie de puntos de vista opuestos. Por ejemplo, se contrapone la enseñanza científica desde la perspectiva de la tradición escolar más positivista con lo que debería ser una educación tecnocientífica desde una perspectiva CTS. Así mismo, se analiza la oposición entre ciencia y tecnología frente a sociedad, saberes frente a valores, teoría frente a práctica... Una educación tecnocientífica desde un enfoque CTS tiene que partir de la necesaria superación de esas dicotomías.

El autor describe como estrategia para esta superación lo que es, a la vez, una metáfora de lo que debería ser la participación pública y responsable en las cuestiones

tecnocientíficas: las *simulaciones CTS*, que son parte de la propuesta para la educación CTS del Grupo Argo, ampliamente utilizada en el programa CTS+I³ de la OEI⁴. Hasta el momento se han elaborado y puesto en práctica diez de estos casos simulados, en los que se recrea una controversia ficticia sobre una cuestión tecnocientífica real. En ellos hay diversos actores sociales implicados que, con intereses diversos y a veces enfrentados, se organizan para exponer y defender su propio punto de vista sobre el problema planteado. Como señala el autor, prácticas de este tipo son, sin duda, las que pueden contribuir a reconstruir la educación tecnocientífica desde una perspectiva CTS más auténtica.

El último artículo del monográfico es el de Soledad Esteban Santos y se titula *La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias*. En él se plantea la preocupación por la situación de la enseñanza de las ciencias y el papel de la historia de la ciencia como elemento que podría contribuir a mejorarla. La autora parte de la constatación de algunas dificultades que presenta la enseñanza de las ciencias: "contenidos científicos 'duros', aburridos y alejados de la realidad". Aunque considera que la perspectiva CTS puede contribuir a resolver esos problemas, apunta que quizás podrían conseguirse los mismos objetivos con propuestas menos ambiciosas, que no pasen por la reconstrucción curricular completa de las disciplinas científicas, sino que se limiten a crear lo que llama "ejemplos-tipo", preparados de forma interdisciplinar, con los que se pudiera mostrar a los alumnos el anclaje entre unos determinados conceptos científicos y los aspectos tecnológicos y sociales. Es en esa propuesta donde la historia de la ciencia y la técnica puede tener un papel fundamental. Para ello, la autora propone trabajar sobre un personaje científico, la evolución de una teoría científica o de un concepto científico, un descubrimiento o una etapa de la ciencia.

En sus reflexiones finales señala que la historia de la ciencia proporciona una visión interdisciplinar, muestra la universalidad de los científicos estudiados y evita el encasillamiento disciplinar; es decir, permite percibir una ciencia más global, que no está aislada de otras ciencias, de otras disciplinas no científicas o del contexto cultural. Así mismo, según la autora, la historia de la ciencia favorece el conocimiento de cómo han evolucionado las teorías, evitando así caer en los peligros del dogmatismo. Sin duda, como Nietzsche ya sabía, la genealogía de las disciplinas puede ser un potente instrumento de conocimiento crítico. No obstante, aunque la propuesta sea un paso adelante para mejorar las disciplinas tecnocientíficas, quizás se aleja de los intereses reales y candentes por los que transita la ciencia en el presente. Aunque sería deseable que así fuera, cabe dudar que una visión exclusivamente histórica de la ciencia y la tecnología permita formar una ciudadanía más participativa y comprometida con los problemas tecnocientíficos de su tiempo.

En suma, el monográfico no sólo incluye una serie de artículos que aclaran aspectos teóricos del papel de la tecnología en la enseñanza de las ciencias, donde se prima

³ <http://www.oei.es/ctsi9900.htm>

⁴ <http://www.oei.es/>

una perspectiva CTS, sino también varias propuestas que están contribuyendo a la consecución de mejores prácticas docentes en ese terreno.

Juan Carlos González Albarte
(Grupo ARGO)
galbarte@grupoargo.org