

ALAMBIQUE. Didáctica de las Ciencias Experimentales, núm. 38, Octubre, 2003 / Edición en línea: ISSN 2014-4733

Ciencias sociales y humanas | Historia Ingeniería y Tecnología Alambique (c) 2003 Editorial Graó, de IRIF, S.L.

Alambique 12 2003 38 España

Las complejas relaciones entre ciencia y tecnología

En este trabajo vemos cómo los diferentes modelos que se han utilizado para describir las relaciones entre ciencia y tecnología pueden corresponder a distintas etapas de la evolución de dichas relaciones CT, y cómo los diseños curriculares recientes de dichas disciplinas no tienen en cuenta el modelo más actual y adecuado.

The complex relationship between science and technology

In this article we look at how the different models that have been used to describe the relationship between science and technology may correspond to distinct stages of the evolution of the said science technology relationship and how recent curricula design of these disciplines does not take into account the more modern and present model.

Jordi Solbes Autor

IES José Rodrigo Botet. Manises (Valencia) jordi.solbes@uv.es

ciencia

tecnología

historia

Las relaciones entre ciencia y tecnología son muy complejas. Algunos autores sostienen que para analizarlas es necesario establecer previamente unas definiciones claras de lo que es ciencia y lo que es tecnología. Ahora bien, al tratar de hacerlo podría sucedernos como en la conocida anécdota del profesor novato que imparte por primera vez una asignatura y, un trimestre después, aún está definiendo en que consiste dicha disciplina. Aquí se irán clarificando los conceptos al avanzar la exposición, entre otras cosas porque la ciencia y la tecnología no son estáticas, sino que han ido evolucionando con el paso del tiempo. Buena prueba de ello es que en la Edad Media se consideraba la teología como "reina de las ciencias" (Serres, 1991) o que antaño se hablaba de técnica y ahora de tecnología, ya que el concepto de técnica está limitado a tiempos anteriores o situaciones actuales en las que no se usan los conocimientos científicos como base del desarrollo de la producción.

En cuanto a las relaciones entre ambas, hemos constatado reiteradamente que la concepción más extendida es la de tecnología como ciencia aplicada. Esta concepción es fruto tanto de la educación escolar como de la informal (especialmente, los medios de comunicación) y no se trata de una concepción aislada, sino que forma parte de un esquema conceptual. Otras ideas de dicho esquema son: la ciencia pura, académica, objetiva, neutral, de cuyo desarrollo sin interferencias políticas ni sociales, depende el avance tecnológico, del cual depende a su vez el crecimiento económico, fruto del cual es el desarrollo social (García y otros, 2001).

Estas concepciones son erróneas y se enmarcan en el cuadro más amplio de posibles relaciones entre ciencia y tecnología, que García y otros (2001) caracterizan mediante cinco modelos:

- . La tecnología es reducible a ciencia.
- . La ciencia es reducible a tecnología.
- . Ciencia y tecnología son la misma cosa.
- . Ciencia y tecnología son independientes.
- . Hay interacciones entre ciencia y tecnología.

Sólo un análisis detenido de estas relaciones, que realizaremos en el siguiente apartado, nos permitirá ver qué modelo tiene un mayor grado de correspondencia con la realidad.

Relaciones ciencia tecnología a lo largo de la historia

No pretendemos reducir a unos breves párrafos varios milenios de historia de la humanidad, sino basarnos en diversos autores (Bernal, 1976; Cardwell, 1994; Mason, 1986; Mumford, 1992; Pacey, 1980; Sánchez Ron, 2000, y Solbes, 2002), para mostrar cómo las relaciones CT han evolucionado a lo largo de la historia, lo que a su vez nos ayudará a comprenderlas en el presente.

Orígenes de la ciencia y la técnica

La técnica tiene su origen en la lucha por la supervivencia y por la solución de las necesidades básicas de la especie humana, y ya hay técnicas en las sociedades cazadoras del paleolítico. No deja de ser curioso que los libros de historia ordenen o secuencien la prehistoria a partir de la tecnología, es decir, a partir de los materiales con los que los hombres confeccionaban sus instrumentos y de las técnicas o procesos que usaban para elaborarlos (paleolítico, neolítico, edad de bronce, de hierro), pero cuando empiezan la historia (a partir de la escritura) se olvidan de la técnica y, sobre todo, de la ciencia. Sin embargo, sin ellas es difícil comprender el pasado y más el presente. La primera gran revolución técnica fue la agricultura ribereña, que originó el nacimiento de las civilizaciones de Egipto, Mesopotamia, Indo y China, durante el neolítico y la edad de bronce. Cambió el nivel de riqueza de la sociedad, ya que fueron las primeras sociedades capaces de producir excedentes y, por tanto, de mantener colectivos que no producen alimentos, lo que cambia la organización de la sociedad, y conlleva la aparición de la división en clases, las ciudades, el estado y las leyes, etc.

Evidentemente las necesidades sociales no se limitan a la alimentación, el vestido y el techo, sino que también existen necesidades religiosas, de control social y de prestigio. Así, la construcción de grandes edificios como templos, pirámides o palacios, difícilmente hubiesen sido posibles sin la participación (voluntaria o no) de amplios sectores de la población. Pero a su vez reflejan y refuerzan el poder de los grupos dominantes que las hacen construir, cumpliendo así una función de prestigio. Por último, estos edificios, junto con todo el simbolismo que los rodea, funcionan como instrumentos de control social, al asegurar el consenso de las poblaciones urbanas donde se asientan.

Con dicha revolución surgen las primeras ciencias. Inicialmente las diferencias entre ellas y algunas técnicas no son claras, como lo pone de manifiesto el hecho de que las primeras ciencias (las matemáticas, la astronomía y la medicina) tengan su origen en prácticas sociales

como llevar cuentas, realizar medidas, construir calendarios, etc. Pero paulatinamente se constituyen como dos campos básicamente independientes (una ciencia teórica y una técnica empírica), cultivadas por colectivos diferentes, los teóricos (ya sean filósofos o sacerdotes) y los artesanos. Por último, debemos señalar que la tradición griega es teórica y la valoración de las actividades manuales, de la artesanía, realizadas mayoritariamente por los esclavos, es muy baja, como se puede apreciar en los textos de Platón y Aristóteles.

Algunos autores como Bernal (1976) no distinguen entre ciencia y técnica, considerando científicos los saberes sobre tintes, metales, alquimia, etc. Inicialmente ya hemos señalado que es difícil distinguir entre ellas, pero cuando ya se van estableciendo dichas diferencias, los propios antiguos no consideran como científicos los saberes antes mencionados, por su carácter ateuórico y puramente empírico. Por otra parte, tampoco desde una perspectiva actual se puede decir que lo sean, puesto que carecen del carácter hipotético y experimental, propios de la ciencia moderna.

CT en la Edad Media

La Edad Media, en técnica y ciencia, no es una época oscura. Cuando se afirma lo contrario se está utilizando una perspectiva eurocéntrica, que olvida las contribuciones de civilizaciones como la china, la india y la musulmana. La civilización china durante este período estuvo muy avanzada en técnica, con la invención de la porcelana en el 621, la impresión xilográfica en el 868 (los tipos móviles de arcilla aparecen en el 1040), de la pólvora (está documentado el uso de cohetes en el año 969, de granadas el 1231 y de armas de fuego el 1259) y de la aguja magnética en el 1086. En ciencia, la astronomía se ocupa fundamentalmente de problemas de calendario, siendo su cosmología puramente especulativa. La civilización india sobresale en matemáticas y en astronomía de posición. Así, en el siglo vi utilizan la numeración decimal de posición, que dará origen a las cifras árabes, y los números negativos. Además de las operaciones elementales conocen la elevación al cuadrado y al cubo y sus respectivas raíces y las ecuaciones de segundo grado, utilizando letras. Para sus mediciones de posición de astros utilizan el seno del ángulo, lo que favorece el desarrollo de la trigonometría. Ambas civilizaciones no avanzaron más en el desarrollo científico por no combinar teoría y experimentación, al considerar degradante el trabajo manual, como la mayoría de las civilizaciones de carácter agrícola estratificado.

Por otra parte, tenemos el esplendor musulmán de los siglos ix al xi, cuando Bagdad, Córdoba, Damasco o El Cairo eran los centros culturales más importantes de su tiempo. No se limitan a recoger la herencia griega y ser sus meros intermediarios hacia el mundo cristiano, sino que la amplían y realizan importantes contribuciones. En matemáticas, introducen la numeración decimal y la trigonometría de la India. En astronomía son grandes observadores, como se aprecia en las tablas astronómicas toledanas (1080) sólo superadas por Tycho Brahe. En óptica destaca Alhazen de Basora, que obtiene la ley de la reflexión y la aplica al estudio de la formación de imágenes en los espejos. En medicina no mejoraron la obra de Galeno, pero conocían el pulso y un mayor número de drogas.

Durante la Alta Edad Media (siglos v a xi) Europa sufre una gran transformación. Se produce la decadencia de las ciudades y, con ellas, la de la ciencia, y la emergencia del mundo rural, en el cual domina una cultura religiosa y literaria, con escasas contribuciones científicas, que se desarrolla en los monasterios. En la Baja Edad Media europea (desde el 1100, y en particular entre 1200 y 1350), se inicia un proceso de recuperación que permite un considerable desarrollo en ciencia y tecnología, basándose en las aportaciones musulmanas y chinas,

recogidas a través de España, de las cruzadas y de la ruta de la seda. La técnica es básicamente iletrada y sus principales logros son las catedrales y el aprovechamiento de energía eólica e hidráulica (ruedas, molinos, navegación contra el viento). El papel, la imprenta, la pólvora y la brújula fueron importadas de China. La ciencia se desarrolla en latín, con un carácter teórico, especulativo, siguiendo la tradición aristotélico-escolástica. Las primeras llamadas a la experimentación proceden de Roger Bacon. Podemos ver que la ciencia y tecnología siguen siendo básicamente independientes. La ciencia es una fuerza social menor y la tecnología, evidentemente no es una aplicación de la ciencia, sino que la precede y le plantea algunos problemas, como las investigaciones sobre el imán de P. Peregrino y sobre el movimiento (en particular, de proyectiles) de Occam, Buridan, Oresme, etc.

CT en la Edad Moderna

En el siglo xvii la ciencia y la tecnología iniciaron un gran desarrollo. Las razones son complejas, pero algunos autores (Bernal, 1976) destacan como una de las más importantes el inicio del capitalismo, cuyas necesidades para el comercio primero y la industria después, originan el largo proceso de convergencia entre ciencia y técnica. En el Renacimiento se produce un acercamiento hacia la técnica de los científicos en campos como la ingeniería mecánica, la óptica, la anatomía y la cartografía. Los técnicos (constructores, escultores, pintores o cirujanos) empiezan a escribir libros y a interesarse por cuestiones teóricas.

La revolución científica supuso una nueva forma de abordar los problemas, caracterizado por la sustitución de un pensamiento basado en "las evidencias del sentido común" y en las autoridades, por uno a la vez más creativo, con las hipótesis como núcleo central, y riguroso, con realización de experiencias y el uso de las matemáticas. Por otra parte, la tradición técnica inicia el proceso de transición desde el empirismo completo hasta las tecnologías plenamente basadas en las matemáticas y la ciencia aplicada. Así, muchas investigaciones científicas han tenido su origen en problemas de orden técnico (la cinemática de Galileo tiene relación con el lanzamiento de proyectiles, el magnetismo de Gilbert con la brújula). Además, el avance técnico determina con frecuencia la misma posibilidad del trabajo científico (los progresos en astronomía y en biología se vinculan a la construcción de telescopios y microscopios, respectivamente).

En la primera revolución industrial observamos que los inventos técnicos no fueron obra de científicos, sino de artesanos que estaban al corriente de los procedimientos técnicos en uso que conocían por la práctica el problema que había de resolverse. Así, Newcomen era herrero y su máquina de vapor (1760) era de movimiento alternativo y se usaba para bombear agua de las minas. Watt era constructor de instrumentos de precisión y en 1765 al reparar una máquina de Newcomen tuvo la idea de introducir el condensador separado que permanecía frío. Lo mismo sucede con las máquinas de hilar o los telares mecánicos, inventados por tejedores.

Es decir, la construcción y utilización de máquinas térmicas por Newcomen o Watt, es previa a la termodinámica; las técnicas siderúrgicas o de blanqueo y tinte de tejidos, son anteriores a la química. Pero a su vez plantean problemas cuya solución contribuyó al desarrollo de esas ciencias. Hasta mediados del siglo xix, en pleno desarrollo de la primera revolución industrial, los desarrollos técnicos siguen precediendo a los científicos.

Una buena prueba de las escasas relaciones entre ciencia y técnica durante este período es el hecho de que no exista una correspondencia estrecha entre liderazgo científico e industrial. La

ciencia inglesa llegó a un estado de declive en el siglo xviii después de Newton, cuando empezaba su decisivo liderazgo en la energía de vapor, textil, metalurgia y minería. El florecimiento de la ciencia francesa en el xviii y principios del xix, cuando París era el centro científico del mundo, no iba acompañado de un empuje correspondiente del avance industrial. Rusia produjo numerosos científicos e inventores durante el siglo xix, pero parecen haber ejercido un impacto insignificante en el desarrollo económico del país. El ascenso de Estados Unidos a una posición de florecimiento de crecimiento económico y liderazgo tecnológico ocurrió durante el siglo xix, período en el que los logros norteamericanos en la ciencia básica fueron mínimos.

La segunda revolución industrial (1870-1939)

Pero a finales del siglo xix, ramas de la ciencia como el electromagnetismo, la química y la termodinámica, tenían un inmenso potencial de aplicación práctica y son el origen de la industria química y eléctrica. Es decir, por primera vez en la historia los desarrollos tecnológicos son fruto de la ciencia. La industria eléctrica se inicia con el telégrafo en 1837. El teléfono de Bell se inventa en 1876. Después aparece la iluminación eléctrica y las lámparas de filamentos en bombillas de vidrio inventadas por Edison en 1879, que abrió pequeñas estaciones de energía en Nueva York y Londres en 1882 y redes para la transmisión de la corriente eléctrica. El descubrimiento de las ondas electromagnéticas por Hertz en 1888 haría posible la rápida transmisión de información, comenzando por la telegrafía sin hilos de Marconi (1896).

El desarrollo de la química orgánica condujo a la síntesis del primer tinte de anilina, descubierto por el químico inglés Perkin en 1856; el primer plástico (es decir, material que puede moldearse) moderno, el celuloide, fue inventado en 1868; la primera fibra artificial, el rayón, fue patentada en 1884, y la baquelita en 1909. En cuanto a los explosivos, en 1847 se descubrió la nitroglicerina, y fue Alfred Nobel en 1866 quien consiguió a partir de ella una mezcla de manejo seguro, la dinamita.

La termodinámica fue un estímulo para la invención de una nueva familia de motores, los de combustión interna. Los científicos e ingenieros alemanes fueron los pioneros de estos desarrollos: el motor a gas de Otto (1876), el motor de gasolina de Daimler (1882) y Benz (1893), el motor de gasóleo de Diesel (1892). Todo ello estimula la utilización de nuevas fuentes energéticas: el petróleo y sus derivados, y la energía hidráulica, aunque el carbón siga siendo la fuente dominante (el 96% en 1900).

Los resultados acumulativos de todas estas innovaciones dieron un empuje tan importante al desarrollo industrial que, a partir, de 1870, podemos hablar de una segunda revolución industrial. Otra característica es la reorganización de los procesos de producción debida a la fabricación en serie, introducida por Whitney en la fabricación de cañones, pero explotada a fondo por Henry Ford, con su cadena de montaje para la fabricación masiva de automóviles (el Ford T).

En este período se origina la extensión del fenómeno industrial en otros países, especialmente en EE.UU., Japón y Alemania. El crecimiento continuado de la producción permite inundar los mercados europeos. Esta saturación de los mercados, unida a la creciente demanda de materias primas y la necesidad de invertir capitales con mayores beneficios, provocó la expansión del imperialismo de los países desarrollados en África, Asia y Oceanía.

Es decir, algunos países van entrando en una fase de gran interacción entre la ciencia y la tecnología, con implicaciones en algunos sectores de la sociedad (la industria, las condiciones de trabajo, la ideología, etc.) y de la naturaleza (contaminación en los núcleos industriales).

En estos países, especialmente en Alemania, se toma conciencia de que la segunda revolución industrial depende de las tecnologías basadas en la ciencia, y por ello se potencia un sistema de educación científica y técnica, se vinculan las investigaciones científicas de los laboratorios universitarios con la industria que contribuye a su financiación, se crean los primeros laboratorios de investigación en las empresas (Siemens en Alemania, General Electric en EE.UU.), el estado participa en la industria (instalación de ferrocarriles) y en la investigación (en Alemania se crean los Institutos Imperiales de Física, Tecnología, Química, etc). Con todo ello, hacia 1895 la producción de acero en Alemania era superior a la de Inglaterra y en 1900 era responsable del 90% de la producción mundial de tintes. En otras palabras, el liderazgo científico y el industrial empiezan a coincidir, como sucede en Alemania hasta la primera guerra mundial y en EE.UU. después de este conflicto.

Posteriormente, en la primera guerra mundial, la carencia de productos químicos importados de Alemania (tintes, acetona, fenol) y la necesidad de detectar los submarinos alemanes (primero con micrófonos y después mediante el eco de ultrasonidos) obligó a utilizar la ciencia en el conflicto bélico, que ha sido denominado con frecuencia "la guerra de la química". Ésta pudo desempeñar un papel muy importante porque la industria química (más desarrollada que la física) fue capaz de aportar productos como los explosivos, los gases tóxicos, los tintes, etc. Un ejemplo característico es el problema que se plantea a Alemania cuando el bloqueo naval le impide importar abonos (nitrato de Chile). La síntesis del amoníaco de Haber y Bosch, realizada en 1913 en la empresa BASF, permitió a Alemania abastecerse de dicho producto y producir las municiones y fertilizantes que necesitaba. Esta síntesis del amoníaco pone de manifiesto que la ciencia puede ser utilizada tanto para el desarrollo de la agricultura y el bienestar de la humanidad como para la guerra.

La sociedad de la información o tercera ola

En cambio, en la segunda guerra mundial era evidente para todos los estados implicados que la ciencia iba a desempeñar un papel decisivo. Los grandes proyectos para liberar la energía del núcleo atómico: el proyecto Manhattan estadounidense, que terminó con la construcción y el lanzamiento de las primeras bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki en 1945 y el Urain-Verein alemán, que no llegó a producir la bomba pero sí un reactor nuclear. El proyecto radar, para localizar aviones o blancos de bombardeo con ondas de radio, en el marco del cual se realizó la investigación en semiconductores que dio impulso a la microelectrónica de la posguerra. Otros proyectos bélicos son la producción de penicilina, el desarrollo de cohetes (las bombas volantes alemanas) y los computadores electrónicos.

Estos contactos entre política, ejército, industria y ciencia, dieron origen, sobre todo en los EE.UU., al denominado complejo militar industrial, por el cual el Pentágono, la NASA, el Departamento de Energía, etc., se convirtieron en un componente fundamental de la financiación pública de la industria avanzada, transfiriendo sobre los ciudadanos (vía impuestos) los elevados costes de I+D (investigación y desarrollo) de las industrias. La aparición de nuevas tecnologías (nuclear, aeroespacial, microelectrónica, láser, nuevos materiales, telecomunicaciones, informática, ingeniería genética, etc.) también fue posible por la aplicación sistemática del conocimiento científico.

Se está produciendo así un alto nivel de integración entre ciencia y tecnología, constituyéndose lo que algunos autores denominan sistema ciencia tecnología. Y este sistema tiene interacciones globales con la sociedad y la naturaleza. Son globales porque interactúan con todos los sectores de la sociedad (en la agricultura, la industria y los servicios, en la administración, en la configuración del poder político, económico y militar, en las desigualdades entre las naciones y en los valores y concepciones del mundo) y afectan a la naturaleza a nivel global (desde el efecto invernadero al agujero de la capa de ozono).

Muy recientemente ha empezado a hablarse de globalización, fenómeno muy favorecido por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), es decir, telecomunicaciones (ondas electromagnéticas vía satélite, fibra óptica o cable) e informática, que posibilitan la creación de redes comunicativas mundiales, lo que favorece la movilización de capitales casi instantáneamente. Es decir, se ha creado una economía capaz, por primera vez en la historia, de funcionar como una unidad en tiempo real a escala planetaria (Castells, 1997), en virtud de la nueva infraestructura proporcionada por las TIC. Por eso hay autores como Petrella (1997) que denuncian que científicos e ingenieros se han convertido en aliados naturales de los empresarios mundializados, ya que cuantos más medios les ofrece la tecnociencia para llegar a ser y seguir siendo los amos del planeta, más interesadas están las empresas privadas en financiarla.

Implicaciones de estos modelos en el desarrollo curricular

En resumen, en el apartado anterior hemos podido comprobar que los distintos modelos de García y otros (2001) presentados en la introducción pueden describir aproximadamente distintas etapas en la compleja evolución de las relaciones CT. Así, en la prehistoria es muy difícil establecer distinciones entre ciencia y tecnología (ciencia y tecnología son la misma cosa, que denominaremos cronológicamente modelo 1). Desde el nacimiento de las primeras civilizaciones hasta la edad moderna, la ciencia y la tecnología son dos realidades independientes (modelo 2), cuyas relaciones van en aumento. A partir de la segunda revolución industrial emerge el modelo 3: la tecnología reducible a ciencia o la tecnología como ciencia aplicada. Muy recientemente se ha empezado a hablar de tecnociencia o ciencia reducible a tecnología (modelo 4). Pero también se ha puesto de manifiesto en dicho apartado que el modelo que ajusta más a la realidad descrita es el de la creciente interacción entre ciencia y tecnología (modelo 5).

Realmente todos los diseños curriculares de ciencia y tecnología parten de un modelo previo de las mismas. Así, en el currículo inglés las ciencias y la tecnología constituyen una única disciplina, planteamiento bajo el que subyace la idea de tecnología como ciencia aplicada (modelo 3). En algún momento, cuando en la reforma de las enseñanzas medias se planteó la introducción de la tecnología se barajó esta posibilidad que quizá hubiese contribuido a dar una imagen menos académica de las ciencias. Pero el profesorado de FP, preocupado por si la desaparición de la FP I suponía una reducción de sus plantillas, impulsó introducción de una asignatura de su ámbito de conocimiento en la ESO, lo que llevó a la aparición de una tecnología independiente de las ciencias, es decir, al modelo 2. Pero lo paradójico es que los antiguos profesores de FP prefieren impartir ciclos de grado medio y superior, a los que apenas ha tenido acceso el resto del profesorado de secundaria, siendo muy pocos los que han optado por permanecer en la ESO impartiendo tecnología, quedando dichas plazas en su mayor parte vacantes, por lo que ha tenido que ser muchas veces impartida por profesores de física y química para completar horario. Por otra parte, muchos licenciados de estas materias, ante la

escasez de plazas de física y química, optan por presentarse a las oposiciones y bolsas de trabajo de tecnología.

Por último, la idea más reciente (modelo 4 o tecnociencia) y la más completa (interacciones ciencia y tecnología o modelo 5) sólo aparecen en la asignatura CTS que, lamentablemente, es una optativa de bachillerato, cursada por muy pocos alumnos y que ni siquiera aparece en todas las comunidades autónomas (por ejemplo, en el País Valenciano fue sustituida por razones corporativas por una "filosofía de la ciencia y la técnica", cuyo nombre la asignaba claramente a un único departamento). Es decir, la mayoría del alumnado queda al margen de una visión moderna de las relaciones CT.

En resumen, ni en el primer nivel de desarrollo curricular de la LOGSE (correspondiente al MEC) ni en el segundo (correspondiente a las comunidades autónomas) se consiguió establecer relaciones entre la ciencia y la tecnología en la ESO y el bachillerato. La LOCE ha incrementado considerablemente los contenidos académicos de las disciplinas científicas (AA.VV., 2002) y también de la tecnología ya que ha incluido dos bloques de contenidos informáticos en cada curso de tecnología de la ESO, manteniendo todos los contenidos anteriores. De este modo han surgido nuevos problemas que abordaremos brevemente en el siguiente apartado.

La ciencia, la tecnología y las TIC

Desde el punto de vista de las materias científicas, la utilización las TIC es cada vez más ineludible, por el creciente papel que están teniendo en la sociedad y en la propia investigación científica, y porque pueden contribuir a la construcción reflexiva de los conocimientos de los estudiantes y a facilitar la atención personalizada, la retroalimentación y el trabajo en el aula necesarios para mejorar el aprendizaje. Esto ha llevado a muchos autores (Solbes, 1993; Valdés y Valdés, 1994; Pontes, 1999; Sanmartí e Izquierdo, 2001) a realizar una selección de las TIC que puedan ser coherentes con el enfoque constructivista y señalan las cinco siguientes:

- . La utilización de programas para la realización de trabajos (tratamiento de textos, presentación y análisis de resultados mediante hojas de cálculo, etc.).
- . Los programas tutoriales de enseñanza asistida por ordenador (EAO), como instrumentos de repaso y autoevaluación.
- . Los programas de simulación de fenómenos y experimentos, especialmente los interactivos, que permiten modificar variables del sistema cuyo uso se recomienda en el estudio de sistemas cuyo tratamiento en la realidad plantea grandes dificultades.
- . El laboratorio asistido por ordenador (lao) en el que se utilizan sistemas informáticos para la adquisición y tratamiento de datos y control de aparatos e instrumentos.
- . Por último, internet, que facilita mucho el acceso a la información (cuya sobreabundancia hace necesario saber transformarla en conocimiento) y a la comunicación (correo electrónico, chats, que permiten la interacción con personas y escuelas de todo el mundo).

Desde este punto de vista y teniendo en cuenta que todavía es elevado el número de alumnos de la ESO de centros públicos que no disponen de ordenador y, aún menos, de conexión a Internet (Solbes y otros, 2004), parece más conveniente la introducción de la informática en un área troncal, como la tecnología, que en una optativa, ya que esto garantizaría más el derecho

del alumnado a la alfabetización en las TIC. Lo discutible es que esto se pueda conseguir añadiendo dos bloques en cada curso a un programa sobrecargado, si el profesorado de tecnología es el más adecuado cuando los centros disponen de profesores de informática, etc. Toda esa informática (tanto la correspondiente al departamento de tecnología como al de informática) se centra en el uso de programas para el ordenador, mayoritariamente de Microsoft y, en menor medida, en Internet, optando aunque no de forma tan acentuada también por los programas de Microsoft (Outlook, Explorer, etc.). No se tienen en cuenta los fundamentos físicos de las nuevas tecnologías de la información la comunicación (TIC) ni que éstas son fruto de la convergencia de muchos desarrollos científicos y tecnológicos. Tampoco se tienen en cuenta las implicaciones sociales de las TIC, lo que no favorece ni la comprensión de las mismas ni la aparición de actitudes de participación ciudadana (Solbes y otros, 2004). Es decir, las nuevas TIC no se relacionan mucho con las ciencias ni con la sociedad.

Algunas posibles perspectivas

Por todo ello, una posible solución al complejo problema de las relaciones entre la ciencia y la tecnología puede estribar, a medio plazo, en una reconsideración de dichas materias en el primer y segundo nivel de desarrollo curricular. Es decir, que se rediseñen a partir del modelo 5 o de relaciones CTS que, como ya hemos visto en este trabajo, es el que parece describir mejor la evolución y el presente de ambas disciplinas. Respecto a las TIC, su propio nombre evidencia que no es inadecuada su presencia en la tecnología, si se pretende dar una visión actualizada de la misma y, por otra parte, evitar una nueva troncal de informática que colapsaría un currículo ya muy saturado. Una alternativa sería concentrar todos los bloques de informática en un único curso (en la tecnología de 2º o 3º de ESO) que podría ser impartido por profesores de informática y tecnología, cuyas plantillas, aún no completadas, permiten un cierto margen de maniobra.

A corto plazo, que es el que más nos interesa, el modelo 5 (interacciones CTS) crea un marco fructífero para establecer relaciones en el ámbito de los centros (el denominado tercer nivel) entre los departamentos de ciencias y de tecnología. Estas relaciones se podrían fomentar y facilitar desde los centros de profesores, mediante cursos y otras actividades que abordasen la imagen del profesorado sobre la ciencia, la tecnología y sus relaciones. Basándose en ellos, sería posible replantear los currículos conjuntamente por los profesores de ambos departamentos, lo cual podría contribuir a resolver el problema del exceso de contenidos conceptuales en ambas materias, ya que algunos son comunes.

Por otra parte, la introducción de las TIC que acabamos de caracterizar, contribuiría a alfabetizar a los y las estudiantes en las TIC, pero sería una alfabetización acrítica, y por ello también habría que formar al profesorado sobre la génesis y evolución de las TIC y sus implicaciones sociales.

AA.VV (2002): "Ciencias en la ESO y Contrarreforma", en Monografía Alambique, n. 33.

BERNAL, J.D. (1976): Historia social de la ciencia. Barcelona. Península.

CARDWELL, D. (1994): Historia de la tecnología. Madrid. Alianza.

CASTELLS, M. (1997): La era de la información. vol 1: La sociedad red. Madrid. Alianza.

GARCÍA, E.M y otros (2001): "Ciencia, Tecnología y Sociedad (módulo 0)". Curso Experimental del Enfoque CTS en la Enseñanza de las Ciencias. Madrid. OEI.

- MASON, S.F. (1986): Historia de las ciencias (5 vol.). Madrid. Alianza.
- MUMFORD, M. (1992): Técnica y civilización. Madrid. Alianza.
- PACEY, A. (1980): El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología. Barcelona. Gustavo Gili.
- PETRELLA, R. (1997): El bien común. Madrid. Debate.
- PONTES, A. (1999): "Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias", en Alambique, n. 19, pp. 53-65.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (2000): El siglo de la ciencia. Madrid. Taurus.
- SANMARTÍ, N.; IZQUIERDO, M. (2001): "Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC", en Alambique, n. 29, pp. 71-84.
- SERRES, M. (ed.) (1991): Historia de las ciencias. Madrid. Cátedra.
- SOLBES, J. (1993): Materiales didácticos. Física. Madrid. MEC.
- SOLBES, J. (2002): Les empremtes de la ciència. Alzira. Germania.
- SOLBES, J. y otros (en prensa): "Visión del alumnado de las TIC y sus implicaciones sociales". Investigación en la escuela (pendiente publicación).
- VALDÉS, P.; VALDÉS, R. (1994): "Utilización de los ordenadores en la enseñanza de las ciencias", en Enseñanza de las ciencias, n. 12 (3), pp. 412-417.