

CONCEPCIONES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA TECNOLOGÍA Y DE LAS RELACIONES CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y AMBIENTE EN LA EDUCACIÓN TECNOLÓGICA*

TEACHERS' CONCEPTIONS ABOUT THE NATURE OF TECHNOLOGY AND THE SCIENCE-TECHNOLOGY-SOCIETY-ENVIRONMENT RELATIONSHIPS.

Carlos Ferreira-Gauchía
Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. España
Amparo Vilches, Daniel Gil-Pérez
Universitat de València. España

RESUMEN: Este trabajo pretende, en primer lugar, cuestionar extendidas concepciones de la tecnología que la presentan como mera aplicación de los conocimientos científicos y que están contribuyendo a una imagen distorsionada y empobrecida de la naturaleza de la ciencia y la tecnología y, consecuentemente, al desinterés e incluso rechazo hacia su estudio. En segundo lugar se presentan los resultados de una investigación cuyo objetivo es analizar en qué medida dichas concepciones afectan incluso al profesorado encargado de la alfabetización tecnológica. Finalmente se aborda la transformación de dichas concepciones.

PALABRAS CLAVE: Alfabetización científica y tecnológica; Visiones distorsionadas de la naturaleza de la tecnología; Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA).

SUMMARY: This paper aims, firstly, to question widespread conceptions of technology, presented as a simple application of scientific knowledge, which are contributing to a distorted and impoverished view of the nature of science and technology and, therefore, to students' lack of interest and even rejection of the study of techno-scientific subjects. Secondly, we present an analysis of how these conceptions affect even teachers in charge of technological literacy. Finally, we contemplate how to overcome these conceptions.

KEY WORDS: Scientific and Technological Literacy; Distorted Views of the Nature of Technology; Science-Technology-Society-Environment relationships (STSE)

(*) Este artículo ha sido concebido como contribución a la Década de la Educación para un futuro sostenible instituida por Naciones Unidas para el periodo 2005-2014 (ver <http://www.oei.es/decada/>)

Fecha de recepción: diciembre 2010 • Aceptado: octubre 2011

Para citar: Ferreira-Gauchía, C.; Vilches, A. y Gil-Pérez, D. (2012). Concepciones docentes acerca de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la educación tecnológica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (2), pp. 197-218

INTRODUCCIÓN

Existe un amplio consenso acerca de la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica que prepare a la ciudadanía para participar en la toma fundamentada de decisiones. Podemos referirnos, por ejemplo, a la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, en la que se declaraba: «Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico (...) a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicaciones de los nuevos conocimientos» (Declaración de Budapest, 1999).

Este objetivo de alfabetización científica y tecnológica del conjunto de la ciudadanía tropieza, sin embargo, con un creciente desinterés - bien documentado en la literatura- por las materias tecnocientíficas. Así, en un reciente estudio promovido por la Comisión Europea (Rocard et al., 2007) se informa de que numerosas investigaciones han mostrado, estos últimos años, un alarmante descenso del interés de los jóvenes por los estudios científicos. Algo que constituye, se afirma en este informe, una de las mayores amenazas para el futuro de Europa, dada la necesidad, tanto de un número creciente de científicos y tecnólogos, como de una alfabetización básica de toda la ciudadanía para hacer posible su participación en la toma fundamentada de decisiones. Y se añade que el origen de este descenso del interés está, en buena medida, en la forma en que se orienta la enseñanza, lo que dirige la atención hacia la formación del profesorado. Consideraciones similares acerca de la necesidad de renovar la enseñanza y la formación del profesorado las encontramos también en el ámbito iberoamericano (Maiztegui et al., 2000; Vilches y Gil Pérez, 2007).

Cabe señalar que esta creciente preocupación por la renovación de la educación científica y la formación del profesorado no supone que no se hayan producido progresos. En realidad las propuestas actuales se apoyan en un avance fundamental: los responsables de los diseños curriculares han asumido mayoritariamente los resultados de la investigación educativa en lo que respecta a las estrategias de trabajo en el aula susceptibles de favorecer actitudes de interés hacia las ciencias y un mejor aprendizaje. La necesidad de sustituir las estrategias de transmisión-recepción por otras que orienten el aprendizaje como una tarea de indagación o investigación, que favorezca la participación de los estudiantes en la (re)construcción de los conocimientos, concita hoy un consenso general entre los expertos. Esa es la tesis básica del informe encargado por la Comisión Europea (Rocard et al., 2007): es necesario introducir en los centros orientaciones basadas en la indagación (Inquiry-based Science Education), desplazando el tradicional «chalk and talk»; la investigación y los numerosos ejemplos de experiencias con éxito, debidamente controladas, así lo recomiendan (Abd-El-Khalick et al., 2004; Rudolph, 2005; Trumbull et al., 2005; Lee et al., 2006; Anderson, 2007).

Pero la investigación educativa ha puesto de manifiesto que, para poder orientar el aprendizaje de las materias científicas como una tarea de indagación, es preciso superar visiones distorsionadas y empobrecidas de lo que constituyen las actividades científicas y tecnológicas, ampliamente extendidas entre el profesorado (Fernández et al., 2002).

Con objeto de contribuir a superar estos obstáculos, en este trabajo pretendemos, en primer lugar, mostrar el papel que juega, en estas visiones empobrecidas y generadoras de desinterés, el olvido de la actividad técnica y la concepción de la tecnología como mera aplicación de los conocimientos científicos. En segundo lugar, analizaremos en qué medida ello afecta incluso al profesorado encargado de la educación tecnológica. Por último presentaremos una estrategia concebida para proporcionar una visión más adecuada de la tecnología y de las relaciones CTSA, así como unos primeros resultados obtenidos.

1. EL OLVIDO DE LA EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

A pesar del amplio reconocimiento de la importancia que el desarrollo tecnocientífico tiene actualmente en la sociedad, siendo considerado como un factor determinante de nuestras formas de vida, la tecnología ha sido olvidada durante décadas, tanto en la educación general como en la preparación de los futuros científicos y científicas, pese a algunos precedentes que habían resaltado el valor educativo de la actividad técnica y de la aproximación de la escuela al mundo laboral (Dewey, 1945; Freinet, 1971).

Tan solo en los últimos años ha comenzado a verse la necesidad de incluir la tecnología, *específica y explícitamente*, como parte de la educación general. Podemos referirnos, por ejemplo, a la Segunda Conferencia Internacional de Educación Científica y Tecnológica, llevada a cabo en Jerusalén en 1996 (De Vries y Tamir, 1997) o a los *Standards for Technological Literacy* publicados por la International Technology Education Association (2000).

No deja de ser sorprendente, se insistía en un artículo firmado por más de veinte investigadores (Maiztegui et al., 2002), que estemos abogando por la incorporación de las relaciones CTS como una dimensión básica de la educación científica... sin que apenas nos hayamos planteado cuáles son las relaciones ciencia-tecnología. Ello llevaba a suponer que dichas relaciones CT eran concebidas como algo claro, obvio, que no precisaba mayor atención. Pero cabe sospechar, una vez más, que lo que aceptamos como obvio constituya un obstáculo fundamental para una adecuada comprensión de los campos implicados, en este caso la educación científica y la tecnológica.

Se consideró necesario, por tanto, proceder a una detenida reflexión en torno al papel de la actividad técnica y, más generalmente, de la alfabetización tecnológica, en la formación ciudadana, superando la escasa atención prestada a la tecnología por parte de la educación científica, resultado de concepciones erróneas acerca de la misma y de sus relaciones con la ciencia (Gardner, 1994; Cajas, 1999 y 2001; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira-Gauchía, 2008; Vázquez y Manassero, 2009; Ferreira-Gauchía, 2009).

Esta clarificación resulta especialmente necesaria porque, como intentaremos mostrar en la investigación que aquí resumimos, las concepciones de las profesoras y profesores encargados de la educación tecnológica reflejan, en buena medida, esta visión distorsionada y empobrecida de las actividades tecnocientíficas, lo que hace temer que afecte a su docencia, contribuyendo así al desinterés de sus estudiantes.

2. ¿QUÉ SE ENTIENDE POR TECNOLOGÍA? MÁS ALLÁ DE LA APLICACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

La respuesta a la pregunta «qué entendemos por tecnología» no es, en absoluto, sencilla, ya que hoy en día tiene numerosos significados, dependiendo del punto de vista y del contexto en el que se utilice (Sanmartín, 1990; Acevedo, 2006).

Pero a pesar de la diversidad de acepciones que ofrece la literatura, existen una serie de aspectos característicos de la actividad tecnológica y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente en los que sí existe consenso en la comunidad científica y que es preciso tener en cuenta para salir al paso de visiones simplistas socialmente aceptadas.

Debemos referirnos, en este sentido, a la concepción dominante que considera a la tecnología como *ciencia aplicada* y, como tal, algo sencillo que no reclama especial atención en la educación científica. Numerosos autores y autoras han denunciado esta visión errónea, pero muy extendida (Sanmartín, 1990; Gardner, 1994; González, López Cerezo y Luján, 1996; Bunge, 1997; Acevedo, 1998; Bybee, 2000; Maiztegui et al., 2002; Gil Pérez et al., 2005a).

De hecho, la tecnología ha sido vista tradicionalmente como una actividad de menor estatus que la ciencia «pura» (González, López Cerezo y Luján, 1996; De Vries, 1996; Cajas, 1999 y 2001). Ello responde a la tradicional primacía social del trabajo «intelectual» frente a las actividades prácticas, «manuales», propias de las técnicas (Maiztegui et al., 2002).

La extensión de esta visión de la tecnología queda patente al analizar los textos escolares de ciencias, que suelen limitar el tratamiento de la misma a la simple inclusión de algunas aplicaciones de los conocimientos científicos (Solbes y Vilches, 1997), lo que se da incluso en los textos de tecnología de la Educación Secundaria (Ferreira-Gauchía, Gil-Pérez y Vilches, 2006).

Es relativamente fácil, sin embargo, cuestionar esta visión simplista de las relaciones ciencia-tecnología: basta reflexionar brevemente sobre el desarrollo histórico de ambas (Gardner, 1994; Quintanilla y Sánchez Ron, 1997) para comprender que la actividad técnica ha precedido en *milenios* a la ciencia, constituyendo un factor clave del proceso de hominización. Es preciso insistir, en efecto, en los miles de años de actividad técnica y en su naturaleza de tratamiento de problemas concretos (como, por ejemplo, convertir una piedra en instrumento cortante), muy alejada, claro está, de las características básicas de la actividad científica y, muy en particular, de la búsqueda de coherencia global, es decir, de la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos.

Podemos, pues, afirmar que durante mucho tiempo ha habido desarrollo técnico sin relación con la ciencia, cuyas estrategias y constructos tienen un origen muy reciente en la historia de la humanidad, situado por la mayoría de los autores entre mediados del siglo XVI y finales del XVIII (Quintanilla y Sánchez Ron, 1997). Ello permite comenzar a romper con la idea común de la tecnología como subproducto de la ciencia, es decir, como «aplicación del conocimiento científico».

El objetivo de los tecnólogos ha sido y sigue siendo, fundamentalmente, producir y mejorar artefactos, sistemas y procedimientos que satisfagan necesidades y deseos humanos, más que contribuir a la comprensión teórica, es decir, a la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos (Gardner, 1994; Bunge, 1997; Maiztegui et al., 2002). Ello no significa que no utilicen o construyan conocimientos, sino que los construyen para *situaciones específicas* reales (Cajas, 1999) y, por tanto, complejas, en las que no es posible dejar a un lado toda una serie de aspectos colaterales que en una investigación científica pueden ser obviados como no relevantes, pero que es preciso contemplar para la construcción y manejo de objetos tecnológicos que han de funcionar en la vida real.

Esta compleja interacción de comprensión y acción en situaciones específicas pero reales, no «puras», es lo que caracteriza el trabajo tecnológico (Cajas, 1999). Como vemos, en modo alguno puede concebirse la tecnología como mera aplicación de los conocimientos científicos. No debemos, pues, ignorar ni minusvalorar los procesos de diseño, necesarios para convertir en realidad los objetos y sistemas tecnológicos y para comprender su funcionamiento. La presentación de esos productos como simple aplicación de algún principio científico solo es posible en la medida en que no se presta atención real a la tecnología. Se pierde así una ocasión privilegiada para conectar con la vida diaria de los estudiantes, para familiarizarles con lo que supone la concepción y realización práctica de artefactos y su manejo real, superando los habituales tratamientos puramente libresco y verbalistas. Precisamente, el objetivo de conectar la ciencia escolar con el mundo real está impulsando a explorar la potencialidad de la tecnología para la educación general (Cajas, 1999 y 2001), como punto de encuentro de saberes de muy distinta naturaleza, pero que se relacionan entre sí para resolver problemas concretos de la vida real. Todo ello redundaría, afirma Bybee (2000), en interés de la ciencia, de la educación científica y de la sociedad. Bybee insiste por ello en que la alfabetización tecnológica constituye un imperativo para el siglo XXI.

Podría pensarse que esta mayor atención que se reclama para la tecnología puede perjudicar a la formación más «propiamente científica». Intentaremos mostrar que, por el contrario, el desarrollo científico resultaría imposible sin las aportaciones de la tecnología y que, consecuentemente, una ma-

yor atención a la tecnología es un requisito para una educación científica de calidad, capaz de favorecer la adquisición significativa de conocimientos científicos, el interés hacia la ciencia y la preparación para la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985) en diversos contextos.

3. EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO

En el apartado anterior hemos intentado dejar claro que la tecnología no es la simple *aplicación* de conocimientos científicos. Ahora trataremos de cuestionar una segunda visión deformada que contempla la ciencia y la tecnología como independientes, con diferentes objetivos, métodos y productos (Gardner, 1994; González, López Cerezo y Luján, 1996) y que, por tanto, contribuye también a que la educación científica ignore la tecnología (Maiztegui et al., 2002). Esta separación suele justificarse afirmando que la diferencia entre la ciencia y la tecnología reside en que abordan dos tipos distintos de problemas: uno cuya finalidad es *la explicación* y que se caracterizaría por responder a la pregunta ¿por qué? Y otro cuya finalidad es *hacer algo* (objeto, sistema, proceso) y que puede caracterizarse por responder a la pregunta *¿cómo hacer eso?* Sin embargo, se trata de una simplificación abusiva de la naturaleza de la ciencia, puesto que el conocimiento científico se basa, mucho más que en la explicación, en la *predicción verificable* y ello obliga a «hacer algo» para someter a prueba las predicciones, lo que conlleva plantear el «cómo», supuestamente una característica diferenciadora de la tecnología. Pero, además, la finalidad de la ciencia no es únicamente hacer representaciones del mundo para comprenderlo mejor, sino también para intervenir en él.

Frente a esta concepción que separa drásticamente ciencia y tecnología —en la que sigue detectándose la distinta valoración social del trabajo intelectual y manual— hemos de afirmar con rotundidad que, si bien la tecnología se ha desarrollado durante milenios sin el concurso de la ciencia, inexistente hasta muy recientemente (Quintanilla y Sánchez Ron, 1997), la construcción del conocimiento científico *siempre* ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología: basta considerar que para someter a prueba las hipótesis que focalizan una investigación es necesario construir diseños experimentales; diseños que requieren, como bien sabemos, el uso de múltiples y variadas tecnologías. Como afirma Bybee (2000), «Al revisar la investigación científica contemporánea, uno no puede escapar a la realidad de que la mayoría de los avances científicos están basados en la tecnología».

Cabe concluir, pues, que, si bien la actividad técnica precedió a la ciencia históricamente y, según algunos autores, también ontológicamente, en el sentido de que la manipulación y la experiencia con utensilios es necesaria para el desarrollo intelectual (Gardner, 1994), en la actualidad las relaciones ciencia-tecnología constituyen una interacción que se traduce en mutua influencia. Más aún, no importa que el objetivo sea profundizar en el cuerpo de conocimientos o lograr un avance tecnológico: hoy, en ambos casos, los problemas se abordan a partir del cuerpo de conocimientos disponible, procediendo a construcciones tentativas (hipótesis) que focalizan el estudio y que se someten a prueba..., es decir, los problemas, todos los problemas de una cierta envergadura, se abordan siguiendo las estrategias del trabajo científico (Bunge, 1976). Y, al mismo tiempo, ese trabajo científico incorpora *siempre* los instrumentos y estrategias del diseño tecnológico y, muy a menudo, la problemática y objetivos de la tecnología. Podemos afirmar, en definitiva, que la tecnología actual se apoya en la ciencia y constituye un requisito de la propia ciencia.

Conceder más atención a la tecnología no supone, pues, ninguna «desviación» que perjudique a la formación científica, sino la incorporación de aspectos que son esenciales en dicha actividad, pero a los que la educación científica no ha prestado la debida atención. Se comprende así la creciente reivindicación de una alfabetización tecnológica junto a la científica y la introducción de asignaturas de tecnología en el currículo básico de los futuros ciudadanos y ciudadanas.

Ahora bien, la efectividad de esta alfabetización científica y tecnológica exige la superación de las visiones distorsionadas y empobrecidas de la naturaleza de la ciencia y la tecnología. En lo que sigue presentamos unos primeros resultados de una investigación centrada en averiguar cuáles son las concepciones al respecto del profesorado encargado de la educación tecnológica.

4. CONCEPCIONES DEL PROFESORADO QUE IMPARTE TECNOLOGÍA, ACERCA DE LAS RELACIONES CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD-AMBIENTE

La investigación que presentamos a continuación responde a la necesidad de que el profesorado encargado de la alfabetización científica y tecnológica supere las visiones distorsionadas y empobrecidas que dificultan dicha alfabetización y contribuyen al desinterés de los estudiantes. Nuestro objetivo ha sido averiguar en qué medida este profesorado ha hecho suya una imagen adecuada de la relación entre ciencia y tecnología que, de acuerdo a lo visto en los apartados anteriores, podemos caracterizar resumidamente con las siguientes proposiciones estrechamente vinculadas:

- En modo alguno puede considerarse a la tecnología como aplicación de los conocimientos científicos: ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos.
- La construcción del conocimiento científico ha precisando siempre de la tecnología: no es posible el avance científico sin apoyo de la tecnología.
- Ciencia y tecnología han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y, por tanto, es necesario hablar de tecnociencia.

Junto a esto es preciso tomar en consideración la relación existente entre la tecnología y la sociedad, que podemos caracterizar, de nuevo muy resumidamente, con las siguientes proposiciones (Ferreira-Gauchía, Gil Pérez y Vilches, 2006):

- La actividad técnica ha sido históricamente, y la actual tecnociencia continúa siéndolo, un factor que repercute tanto positiva como negativamente sobre las formas de organización social y sobre las condiciones de vida de las personas.
- Es preciso también contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.
- La tecnociencia *no* es la causante exclusiva de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad. Es cierto que muchos de esos problemas están asociados al desarrollo científico y tecnológico y la enumeración de los mismos sería interminable (utilización de DDT y otros contaminantes orgánicos permanentes, incremento del efecto invernadero, agotamiento de recursos, etc.). No debe olvidarse, sin embargo, el papel jugado en este desarrollo por empresarios, economistas, legisladores... y los «simples» consumidores de estas tecnologías (Vilches y Gil, 2003 y 2009).
- La tecnociencia *no* puede resolver, por sí sola, los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad. En general, existe una tendencia a atribuir a científicos y tecnólogos la responsabilidad de la solución de los problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad, olvidando que nos incumbe a todas las personas la toma de decisiones en torno a esta problemática.
- Es necesario tener en cuenta el *principio de precaución o cautela* antes de generalizar el uso de una determinada tecnología. El objetivo de este principio no es otro que el de evitar la aplicación apresurada de innovaciones de las que se desconocen las consecuencias a medio y largo plazo. En

este sentido, es importante la participación de la ciudadanía. Sin embargo, como intentaremos mostrar en este trabajo, la enseñanza habitual no contribuye, en general, a preparar al alumnado para su participación en la toma de decisiones.

¿Hasta qué punto las concepciones docentes responden a estas características básicas de la tecnología y sus relaciones con la ciencia y la sociedad? Dado que la formación de los profesores y profesoras que imparten tecnología en la enseñanza básica es la misma que la recibida por el profesorado de materias científicas (y, a menudo son intercambiables, pudiendo enseñar tanto unas como otras), nuestra hipótesis es que encontraremos visiones distorsionadas similares a las detectadas en el profesorado de ciencias (Fernández et al., 2002; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004; Gil Pérez et al., 2005a), pese a que el hecho de ocuparse explícitamente de educación tecnológica permite esperar una cierta mejora en el tratamiento. Según esto, las concepciones de quienes imparten tecnología no reflejarán las características que acabamos de resumir. Esta es la hipótesis que hemos intentado poner a prueba con un diseño de abordaje múltiple que detallamos a continuación.

4.1. Diseño experimental para sacar a la luz las concepciones docentes acerca de la tecnología y sus relaciones con la ciencia y la sociedad

Teniendo en cuenta las consideraciones que acabamos de exponer, pasamos a presentar resumidamente algunos de los instrumentos concretos elaborados para poner a prueba la hipótesis concebida.

Un *primer instrumento* ha consistido en plantear directamente la cuestión abierta «¿Qué es la Tecnología?» y solicitar una respuesta por escrito, sin límite alguno de extensión. La cuestión ha sido planteada a 60 profesores y profesoras en formación (estudiantes de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Físico-Químicas que forma parte de la Licenciatura de Física en su último año), así como a 12 docentes en activo participantes en un programa de doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universitat de València (Ferreira-Gauchía, 2009).

Se trata de un diseño muy sencillo que permite ver en qué medida el profesorado en activo y en formación asocia explícitamente tecnología y «ciencia aplicada», pero se precisan otras herramientas que permitan una mayor profundización en las concepciones docentes acerca de las relaciones ciencia-tecnología. Veamos algunos de los concebidos al efecto:

Teniendo en cuenta que los exámenes son uno de los materiales más utilizados por el profesorado para evaluar el proceso de aprendizaje del alumnado, un *segundo instrumento* ha consistido en analizar las cuestiones planteadas en las pruebas de evaluación utilizadas habitualmente por profesorado de tecnología, con objeto de indagar si se incluyen cuestiones relacionadas con la formación de una visión correcta de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente (Cuadro 1). En total se han analizado 180 exámenes pertenecientes a 7 centros de secundaria públicos y concertados de la Comunidad Valenciana. De acuerdo con la hipótesis formulada cabe esperar una escasa presencia de tales cuestiones.

Cuadro 1.
Red para analizar en qué medida los exámenes utilizados
por docentes de tecnología incluyen cuestiones relacionadas con la formación
de una visión correcta de la tecnología y sus relaciones con la ciencia

¿Se incluyen en las pruebas de evaluación cuestiones para constatar si se han llegado a comprender aspectos como los siguientes?
(En caso afirmativo, reproducir las correspondientes cuestiones):

1. La tecnología no es la mera aplicación de conocimientos científicos.
2. La tecnología está orientada a lograr el funcionamiento correcto y de modo continuado de instrumentos y sistemas.
3. Ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos.
4. La construcción del conocimiento científico siempre ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología.
5. El surgimiento de la ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos.
6. La tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia.
7. Se necesita una valoración matizada de la tecnociencia que incluya el estudio de sus repercusiones positivas y negativas y, en particular, las medioambientales.
8. Más en particular, hoy es preciso ser conscientes de la situación de emergencia planetaria (problemas de contaminación, de agotamiento de recursos, de urbanización desordenada, de degradación de ecosistemas...) asociada, entre otras cosas, a un desarrollo tecnocientífico al servicio de intereses particulares a corto plazo.
9. Se precisa proceder a la reorientación del desarrollo tecnocientífico que tenga en cuenta los límites del crecimiento y apuesta por la sostenibilidad. Ello plantea
10. La importancia de la toma de decisiones
11. El derecho a investigar todo tipo de problemas sin limitaciones ideológicas u otras, como las que han dificultado el avance de la tecnociencia a lo largo de la historia.
12. La necesidad de respetar el principio de precaución (cautela o prudencia) que aúna ese derecho a investigar con el control social, para evitar la aplicación precipitada –guiada por intereses a corto plazo- de las innovaciones cuando aún no se ha investigado suficientemente sus posibles repercusiones.
13. Es preciso tener en cuenta que el logro de un futuro sostenible no puede plantearse exclusivamente desde la tecnociencia y exige un tratamiento holístico que junto a medidas tecnológicas contemple cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas)...
14. Así como medidas legislativas y políticas, tanto a escala local como planetaria (Protocolo de Kyoto, etc.).
15. Es preciso contemplar también el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.

Un *tercer instrumento* ha consistido en la elaboración de un cuestionario semicerrado compuesto por unas proposiciones directamente relacionadas con las visiones simplistas respecto a la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente (Cuadro 2).

El cuestionario semicerrado tiene la ventaja de permitirnos una cierta cuantificación de las respuestas y a la vez obtener justificaciones y comentarios sobre la respuesta dada que ayudan a profundizar en su significado. Este cuestionario fue contestado por 17 docentes de Tecnología de centros públicos y concertados de la Comunidad Valenciana y por 72 docentes en formación, asistentes al Curso de Aptitud Pedagógica (C.A.P.) de Tecnología de la Universidad Politécnica de Valencia. Y el mismo cuestionario fue propuesto a 88 estudiantes de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria (14-15 años), el último año en que la asignatura de tecnología es obligatoria en nuestro país.

Cuadro 2.
Cuestionario para profesores en activo y en formación acerca de las relaciones CTSA

| <p><i>Uno de los aspectos más novedosos e importantes de la LOGSE fue la incorporación al currículum en la Enseñanza Secundaria Obligatoria de la Tecnología como área común para todos los alumnos hasta tercer curso (y opcional en cuarto curso). Una vez transcurridos algunos años desde su implantación, pretendemos analizar en qué medida su enseñanza está contribuyendo, en general, a una correcta comprensión de su naturaleza. Pensamos que estos temas pueden ser interesantes por sus repercusiones en su enseñanza, por lo cual pedimos tu colaboración para tratar de establecer un consenso en torno a ellos. Se trata de leer con atención cada una de las diferentes proposiciones y valorarlas de 0 a 10 según tu grado de acuerdo con el contenido de la misma. Justifica cada una de ellas, incluyendo los comentarios que consideres conveniente, así como, si ha lugar, tus propuestas alternativas a las proposiciones. ¡Muchas gracias por tu colaboración!</i></p> | |
|---|------------|
| Proposición | Puntuación |
| <p>1. <i>La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.</i></p> | |
| <p><i>Justificación y comentarios:</i> (Cada cuestión va acompañada por un amplio espacio para incorporar la justificación y posibles comentarios)</p> | |
| <p>2. <i>La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.</i></p> | |
| <p>3. <i>Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.</i></p> | |
| <p>4. <i>La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.</i></p> | |
| <p>5. <i>No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</i></p> | |

Tomando como referencia las actividades propuestas en la mayoría de libros de texto y en las pruebas de evaluación facilitadas por los profesores y profesoras implicados, se ha elaborado un *cuarto instrumento* consistente en la preparación, por parte de nuestro equipo, de una propuesta de examen global para la asignatura de tecnología de Tercer Curso de Educación Secundaria Obligatoria (15 años) con la finalidad de someterlo a la valoración, crítica y posible modificación de 12 docentes de tecnología en activo. Dicha propuesta presenta una total ausencia de cuestiones relativas a la naturaleza de la tecnología o a las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente, lo que debería criticarse, a menos que se comparta (como predice la hipótesis) una visión reduccionista, puramente instrumental, de la educación tecnológica.

El *quinto y último instrumento diseñado* ha consistido en la realización de entrevistas a 6 docentes de tecnología en activo, orientadas a favorecer situaciones en que las personas implicadas pudieran expresar ampliamente sus concepciones sobre las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente, permitiendo de este modo complementar y profundizar en el análisis de dichas concepciones.

Presentaremos a continuación algunos de los resultados obtenidos con este conjunto de instrumentos.

4.2 Algunos resultados obtenidos

Comenzaremos señalando, a modo de síntesis, que los resultados que se proporcionan resumidamente a continuación vienen a apoyar, de forma convergente, la hipótesis de que el profesorado del área de tecnología comparte en general las visiones distorsionadas socialmente aceptadas acerca de la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia y la sociedad.

En el primer cuestionario utilizado se preguntaba a 60 estudiantes del curso de Didáctica de las Ciencias Físico-Químicas «¿Qué es la tecnología?» y hemos comprobado que el 100% de los participantes escribieron frases de acuerdo con la idea de «aplicación de la ciencia», con respuestas como las que a continuación reproducimos a título de ejemplo:

- *La tecnología es: el resultado de aplicar los avances científicos para mejorar nuestra calidad de vida.*
- *La tecnología es: Las aplicaciones de los estudios científicos a la vida cotidiana.*

También las respuestas de los 12 docentes en activo expresaban esta concepción de la tecnología como «aplicación de la ciencia». Eso es lo que afirma literalmente el siguiente ejemplo:

- La tecnología es la aplicación de la ciencia a la necesidad de la sociedad.*

Por lo que se refiere al segundo instrumento utilizado, al analizar 180 exámenes de tecnología (que contienen en total 1491 preguntas) utilizados por profesores y profesoras de tecnología, lo primero que destaca es que de los 15 aspectos que convendría contemplar para evaluar si han adquirido una visión correcta de la tecnología y sus relaciones con la ciencia (ver Cuadro 1), 8 de estos aspectos clave no son nunca tenidos en cuenta: ni un solo examen incluye cuestiones para evaluar si se ha comprendido, por ejemplo, que la tecnología **no es** la mera aplicación de conocimientos científicos y no merece un menor estatus que la llamada «ciencia pura»; que la construcción del conocimiento científico siempre ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología; que es preciso respetar el principio de precaución... o que la tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia. Ninguno de estos aspectos fundamentales relativos a la naturaleza de la tecnología y a su relación con la ciencia y la sociedad son considerados suficientemente importantes para ser evaluados.

Además, solo la cuarta parte de los 180 exámenes contiene al menos una pregunta relacionada con alguno de los aspectos del cuadro 1 y tan solo el 4.2% de las 1491 preguntas hacen referencia a alguno de dichos aspectos. En realidad el único aspecto con una presencia significativa es el que hace referencia a las repercusiones socioambientales del desarrollo tecnocientífico (más del 65 % de las escasas preguntas relativas a la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia y la sociedad se centran en estas repercusiones) sin apenas abordar los demás aspectos que contempla el cuadro 1. Reproducimos dos de ellas a modo de ejemplo:

- *¿Qué es el efecto invernadero y por qué se produce?*
- *¿Por qué se está produciendo la deforestación de los bosques?*

En el tercer instrumento, consistente en un cuestionario semicerrado, se pedía al profesorado que valorara 5 proposiciones que expresan visiones distorsionadas de la tecnología como mera «ciencia aplicada» (ítems C1 y C4) y de las relaciones tecnología-sociedad-ambiente (C2, C3 y C5). El Cuadro 3 muestra las puntuaciones otorgadas por el profesorado en activo y en formación a cada una de las proposiciones del cuestionario, así como las correspondientes a estudiantes de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria.

Como podemos apreciar en el cuadro 3, tanto los estudiantes como el profesorado de tecnología en activo y en formación valoran positivamente las distintas proposiciones distorsionadas incluidas en el cuestionario, excepto la que atribuye a la tecnología la responsabilidad de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad. La proposición C1, que define la tecnología como aplicación de conocimientos científicos obtiene una alta puntuación en los tres colectivos. De hecho, de los 17 docentes en activo encuestados, 7 de ellos le otorgan la máxima puntuación. La otra proposición incluida en el cuestionario que insiste en esta imagen de la tecnología como «ciencia aplicada» es la C4, que obtiene también puntuaciones medias elevadas (7.3 en el caso del alumnado, 7.2 en el de docentes en formación y 5.9 en el de docentes en activo).

Cuadro 3.
Puntuaciones medias concedidas por docentes de tecnología (en activo y en formación) y estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria a las proposiciones del Cuestionario

| Proposición | Profesorado en activo (N=17) | Profesorado en formación (N=72) | Grupo estudiantes (N=88) |
|--|------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| C1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades. | 7.9 | 7.6 | 7,1 |
| C2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad. | 3.4 | 4.5 | 4,6 |
| C3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas. | 4.9 | 5.5 | 6,4 |
| C4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede. | 5.9 | 7.2 | 7,3 |
| C5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización. | 6.2 | 6.1 | 6,1 |

Como ya hemos señalado anteriormente, conviene no quedarse simplemente con los valores numéricos y realizar un análisis de las justificaciones y comentarios añadidos, que, como veremos, vienen a reforzar los resultados obtenidos. Así, por ejemplo, la alta valoración de la proposición C1 va acompañada de comentarios como «*Esa es su definición a partir del currículo oficial*». Tan solo 3 docentes matizan implícitamente la idea de que la tecnología sea siempre «ciencia aplicada», con comentarios como los siguientes:

- A veces no es la aplicación del principio físico; el concepto viene después de la aplicación.
- Los dos términos están totalmente relacionados. No puede existir el uno sin el otro. Los avances tecnológicos también sirven para avances científicos.

Los resultados obtenidos con docentes en formación y estudiantes están todavía más de acuerdo con la hipótesis, como muestran sus elevadas valoraciones de los ítems C1 y C4, así como los comentarios añadidos por más de la mitad de las personas encuestadas. Tan sólo un profesor en formación critica la imagen de la tecnología como «ciencia aplicada». Cabe destacar, además, la notable semejanza de las puntuaciones correspondientes a los tres colectivos, muy en particular las de estudiantes y docentes en formación.

Un resultado que llama especialmente la atención lo hemos encontrado al analizar los comentarios añadidos a la proposición C3: ningún docente ha señalado que, junto a las medidas tecnológicas es necesario contemplar medidas educativas, es decir, cambios en los comportamientos y las actitudes, así como medidas legislativas y políticas.

En cuanto a los resultados obtenidos mediante el cuarto instrumento (valoración crítica de una propuesta de examen global de una asignatura de tecnología en la que no se incluye ninguna actividad acerca de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente), cabe destacar que, a pesar de haberlo sugerido, ningún docente ha añadido ni eliminado ninguna pregunta. Los profesores y profesoras han puntuado cada una de las preguntas añadiendo la justificación y comentarios que han considerado oportunos (acerca, por ejemplo, del grado de dificultad), pero sin cuestionar, por ejemplo, la ausencia de preguntas relativas a las relaciones CTSA.

Los resultados obtenidos mediante el último instrumento concebido (las entrevistas a profesorado de tecnología) refuerzan los mostrados hasta aquí. Así, al preguntar al profesorado sobre los objetivos básicos que deberían perseguirse en el área de tecnología, ninguna de las 6 personas entrevistadas se refiere a la importancia de clarificar la relación entre ciencia y tecnología o de mostrar la influencia de las instituciones sociales en la actividad tecnocientífica; y tan solo un profesor ha mencionado la importancia de analizar de manera crítica las repercusiones del desarrollo tecnocientífico en la sociedad. Y cuando se les pregunta acerca de la posible existencia de concepciones erróneas en torno a la tecnología, ninguno de los entrevistados menciona la idea de tecnología como ciencia aplicada. Es más, cuando se les pide que expongan qué ideas conviene que el alumnado adquiera acerca de las relaciones ciencia-tecnología, 4 de los 6 docentes entrevistados hablan explícitamente de tecnología como ciencia aplicada. Por último, al plantearles cómo consideran que habría que abordar las relaciones tecnología-sociedad, encontramos respuestas en las que se olvidan aspectos fundamentales de dichas relaciones. Por ejemplo, tan solo uno de los docentes se refiere a la necesidad de contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico.

Resultados como los mostrados indican que el profesorado comparte visiones empobrecidas de la tecnología y de las relaciones CTSA similares a las detectadas en el alumnado (Ferreira-Gauchía, 2009). Pero nuestro trabajo no se ha limitado a un análisis crítico de la situación. Nuestra hipótesis ha sido que estas concepciones pueden ser superadas con relativa facilidad por el profesorado si se favorece una discusión crítica de las mismas y que es posible proporcionar al alumnado visiones más adecuadas y atractivas de la tecnología. Resumiremos seguidamente unos primeros resultados.

5. UNA CONTRIBUCIÓN A LA COMPRESIÓN DE LA NATURALEZA DE LA TECNOLOGÍA Y DE SUS RELACIONES CON LA CIENCIA, LA SOCIEDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

Por razones de espacio no podremos exponer aquí con detalle la estrategia concebida para superar las visiones distorsionadas y empobrecedoras de la actividad tecnológica y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Nos limitaremos a ofrecer un breve resumen, remitiéndonos a la bibliografía pertinente para su ampliación.

Señalaremos en primer lugar que el simple hecho de haber sacado a la luz cuáles son las principales concepciones-obstáculo que dificultan la comprensión de la actividad técnica como tarea abierta y creativa, estrechamente vinculada al proceso de hominización y prerequisite del desarrollo científico, se convierte en fuerte estímulo para modificar su enseñanza. Como en tantas otras ocasiones, la mayor dificultad para vencer un obstáculo estriba en ignorar su existencia.

Sabemos, sin embargo, que la erradicación de concepciones fuertemente enraizadas como la que concibe la actividad técnica como mera aplicación de los conocimientos científicos no puede lograrse con una simple exposición verbal de las nuevas ideas. Como recoge el último *Handbook of Research on Science Education* (Abell y Lederman, 2007), buena parte de la investigación en el campo de la educación científica de las últimas décadas ha contribuido a establecer la necesidad de implicar al alumnado en la reconstrucción de los conocimientos mediante un proceso de indagación o investigación orientada (Anderson, 2007) en el que los alumnos y alumnas actúan como investigadores noveles replicando investigaciones bien conocidas por el profesorado, que ejerce de investigador experto guiando su trabajo. La guía del profesor o la profesora está ya presente en la programación misma de las actividades a proponer a estudiantes estructurados en pequeños grupos; unas actividades que han de permitir rehacer, en cierta medida, el proceso histórico, evitando adquisiciones dispersas y la realización de tareas de las que los alumnos y alumnas no vean claramente la finalidad y el hilo conductor: entender lo que va a hacerse y su conexión con lo que ya se ha realizado es esencial en una tarea con aspiración científica, que ha de responder a una cierta estrategia y no a un errabundo ensayo y error ni a la aplicación de recetas. La actividad que realizan los estudiantes se *aproxima* así a la riqueza de un tratamiento científico-tecnológico de problemas de interés.

En el libro editado por UNESCO ¿Cómo promover el interés por la cultura científica?, de libre acceso en <http://www.oei.es/decada/libro.php> (Gil Pérez et al., 2005b), hemos presentado con detalle el fundamento de esta orientación y dado ejemplos de su puesta en práctica a través de los que hemos denominado «Programas de actividades». Como señalaron Driver y Oldham (1986), quizás la más importante implicación del modelo de orientación constructivista, en el que se enmarcan las propuestas de aprendizaje como indagación, sea concebir el currículo no como un conjunto de conocimientos y competencias, sino como el *programa de actividades* mediante el cual dichos conocimientos y competencias puedan ser construidos y adquiridos.

En Ferreira-Gauchía (2009) se recoge el programa de actividades que hemos diseñado para clarificar la naturaleza de la tecnología y de las relaciones CTSA. Dicho programa es el resultado de un proceso que ha incluido ensayos piloto con grupos de estudiantes y su revisión por otros colegas, dando lugar a sucesivas modificaciones que, por supuesto, hemos seguido y seguiremos introduciendo. Nos remitimos a este documento para la presentación detallada del programa de actividades y comentaremos aquí brevemente el esquema general y algunas de las actividades.

Tras una introducción que persigue estimular su participación en el cuestionamiento de prejuicios e ideas simplistas acerca de la actividad técnica que esconden su auténtica naturaleza, empobreciéndola y privándola de interés, la primera actividad propuesta es la siguiente:

- A.1 *Poned en común vuestras ideas actuales acerca de la tecnología: cuáles son sus objetivos, desde cuándo pensáis que existe, etc. Se trata de recoger en cada grupo las distintas ideas que surjan, para su posterior discusión y clarificación.*

La discusión posterior y las reformulaciones del profesorado —apoyadas en documentos seleccionados al efecto— han de ayudar a comenzar a salir al paso de las conocidas visiones simplistas (tecnología como mera aplicación de la ciencia, tecnología como solución a todos los problemas, etc.) haciendo ver que el origen de la actividad técnica se confunde con el proceso de hominización y contribuye decisivamente a dicho proceso (no en balde se habla de «homo habilis» o de «la edad de la piedra», «la edad del bronce», etc.).

Las siguientes actividades están destinadas a clarificar, primeramente, las relaciones ciencia-tecnología y, a continuación, las tecnología-sociedad. Así, por ejemplo, la actividad 8 plantea:

A.8 *Expresad, apoyándoos en ejemplos (extraídos, por ejemplo, de la prensa u otros medios), vuestras opiniones acerca de los intereses que orientan, impulsan o limitan el desarrollo tecnocientífico. ¿Cuál habría de ser el papel de la ciudadanía en este proceso?*

Señalemos para terminar que una parte importante de las actividades con las que culmina el programa están destinadas a analizar el papel que la tecnociencia puede y debe jugar frente a los graves problemas socioambientales a los que hoy nos enfrentamos. Su objetivo es facilitar la adquisición de una visión global de cuáles son dichos problemas (que se potencian mutuamente), sus causas y las medidas que es necesario adoptar, deteniéndonos en lo que cada cual puede hacer al respecto junto a los demás. Respondemos así al llamamiento de Naciones Unidas a los educadores de todas las áreas y niveles para que contribuyamos a formar una ciudadanía consciente de la actual situación de emergencia planetaria y preparada para participar en la adopción de decisiones fundamentadas para hacerles frente (ver <http://www.oei.es/decada>).

Para evaluar en qué medida la utilización del programa de actividades con los alumnos y alumnas ha permitido la transformación de sus visiones empobrecidas iniciales y ha contribuido positivamente a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, hemos utilizado, entre otros instrumentos en los que no podemos detenernos aquí (Ferreira-Gauchía, 2009), el mismo cuestionario presentado en el cuadro 2, comparando los resultados obtenidos por estudiantes que participaron en el programa de actividades (grupo experimental) y los de dos grupos de control que no lo habían hecho (ver en cuadro 3 las puntuaciones medias de ambos grupos y la t de Student de la diferencia).

Como puede apreciarse a simple vista en el Cuadro 3, existen importantes diferencias entre el grupo experimental y el de control, excepto en la proposición C2. Ello queda corroborado por los altos valores de la t_d en cuatro de las proposiciones, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa, ya que dichos valores son superiores al 1.66 dado por las tablas para poder aceptar, con una probabilidad superior al 95%, que la diferencia de los resultados no es debida al azar.

Cuadro 4.
Puntuaciones medias concedidas por estudiantes del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control* a cada una de las proposiciones del Cuestionario

| Proposición | Grupo Exp. (N = 29) | Grupo Control (N = 88) | |
|---|------------------------|---------------------------|-------|
| | Nota (SD) | Nota (SD) | t_d |
| C1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos. | 4,8 (2,8) | 7,1 (1,8) | 4,15 |
| C2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad. | 4,8 (2,9) | 4,6 (2,9) | 0,32 |
| C3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas. | 4,2 (2,3) | 6,4 (2,6) | 4,32 |
| C4. La tecnología se basa siempre en los desarrollos científicos, por lo que no existiría tecnología sin la ciencia que le precede. | 2,8 (3,3) | 7,3 (2,7) | 6,65 |
| C5. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización. | 5,0 (2,9) | 6,1 (2,7) | 1,80 |

Llama la atención, en particular, la gran diferencia en las puntuaciones otorgadas por los alumnos y alumnas del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control* a las proposiciones C1 y C4. En concreto, los del *Grupo Experimental* puntúan ambas proposiciones muy por debajo de lo que lo hacen los del *Grupo Control* (y, como mostraba el cuadro 2, los mismos profesores y profesoras). Este resultado es muy positivo, pues ambas proposiciones transmiten una imagen de la tecnología como mera «ciencia aplicada». Lo mismo ocurre con la proposición C3, que muestra a la tecnología como prácticamente la única solución a los problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad. Por otra parte, en la proposición C5, que se refiere al papel de los tecnólogos en las decisiones sobre la utilización de los desarrollos tecnológicos, también pueden constatarse diferencias significativas, aunque menos notables, entre las puntuaciones otorgadas por ambos grupos.

Las diferencias son aún más notables cuando se analizan los comentarios escritos por los estudiantes. Así, por ejemplo, cerca del 80% del alumnado del grupo experimental critica explícitamente la imagen de la tecnología como mera ciencia aplicada, mientras que solo lo hace el 3.4% de los alumnos y alumnas no tratados. Y por poner otros dos ejemplos: ni un solo estudiante del grupo experimental comenta positivamente la proposición C3 («Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas»), pero si lo hace el 41% del grupo de control; en cambio, al comentar la proposición C5, casi el 60% del alumnado tratado afirma que los tecnólogos son también responsables, mientras solo lo hace el 21 de los no tratados.

Resultados como estos muestran la posibilidad de notables avances en las concepciones acerca de la tecnología cuando se combinan estrategias de aprendizaje como indagación con el propósito explícito del docente de cuestionar visiones deformadas como las que hemos analizado en este trabajo.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Numerosas investigaciones han mostrado la importancia de tener en cuenta las concepciones del profesorado acerca de la ciencia y la tecnología, así como de su enseñanza, al plantear la necesaria renovación de la educación científica y tecnológica para salir al paso de las preocupantes actitudes de desinterés de muchos alumnos y alumnas. Unas actitudes que se traducen en una creciente falta de candidatos y candidatas para profesiones científicas y en serias dificultades para el logro de una alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía, imprescindible para su participación en la toma de decisiones fundamentadas en torno a los graves problemas a los que ha de hacer frente hoy la humanidad.

En esa perspectiva, en este trabajo hemos analizado las concepciones docentes relativas a la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Hemos estudiado, en primer lugar, el olvido sistemático, en la enseñanza de las ciencias, de la actividad técnica, ignorando que constituye la prehistoria y el *prerrequisito* del desarrollo científico y contribuyendo, por el contrario, a que se conciba la tecnología como mera aplicación de los conocimientos científicos. Se distorsiona y empobrece así tanto la naturaleza de la tecnología como de la propia ciencia y las relaciones entre ambas y con la sociedad.

Hemos presentado a continuación una serie de instrumentos destinados a poner a prueba la hipótesis de que incluso los profesores y profesoras encargados de la alfabetización tecnológica en la educación secundaria comparten esas visiones distorsionadas de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia y la sociedad.

Los resultados obtenidos con los distintos instrumentos son todos convergentes y muestran que quienes se encargan de la alfabetización tecnológica comparten concepciones distorsionadas y empobrecidas de la tecnología –concebida como simple aplicación de conocimientos científicos– que obstaculizan una enseñanza capaz de favorecer una inmersión en la cultura tecnocientífica, de generar interés y de favorecer el aprendizaje.

Digamos para terminar, que, aunque no ha sido posible, por razones de espacio, exponer aquí con detalle las estrategias susceptibles de lograr el cuestionamiento de estas concepciones-obstáculo y de hacer vivir las potencialidades educativas de una enseñanza que oriente el aprendizaje como una auténtica inmersión en la cultura tecnocientífica, hemos intentado mostrar que ello no plantea serias dificultades una vez que se ha conocido la existencia de dichas concepciones y se ha comprendido la necesidad de superarlas.

El principal objetivo de este trabajo ha sido, precisamente, sacar a la luz las concepciones-obstáculo acerca de la tecnología y sus relaciones con la ciencia y la sociedad, paso esencial para su superación. Una superación que puede lograrse mediante la implicación del profesorado en un análisis crítico de lo que «siempre se ha hecho» y se da por obvio. En ello estamos trabajando, para contribuir a que los alumnos y alumnas adquieran una nueva visión de la tecnociencia como actividad abierta y creativa, que les permita participar en la resolución de problemas de interés.

Los resultados que hemos obtenido con estrategias de aprendizaje como indagación muestran claros avances, pero somos conscientes de que es necesario seguir introduciendo mejoras en el programa de actividades diseñado, para que los alumnos y alumnas adquieran una imagen aún más adecuada de la actividad tecnocientífica y de su papel frente a los graves problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad. Se puede contribuir así a un mayor interés hacia los estudios tecnocientíficos y a la formación de una ciudadanía responsable y preparada para la toma de decisiones fundamentadas que sienten las bases de un futuro sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N.G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFSTEIN, A., NIAZ, M., TREAGUST, D. y TUAN, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives, *Science Education*, 88 (3), 397-419.
- ABELL, S.K. y LEDERMAN, N.G. (Eds.) (2007). *Handbook on Research on Science Education*. New York: Routledge
- 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. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 198-219.
- AIKENHEAD, G.S. (1985). Collective Decision Making in the Social Context of Science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- ANDERSON, R.D. (2007). Inquiry as an Organizing Theme for Science Curricula. In ABELL, S.K. & LEDERMAN, N.G. (2007). *Handbook on Research on Science Education*. New York : Routledge, pp. 807-830.
- BUNGE, M. (1976). *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1997) *Ciencia, Técnica y Desarrollo*. Buenos Aires: Juárez Ed.
- BYBEE, R. (2000). Achieving Technological Literacy: a National Imperative, *The Technology Teacher*, Septiembre 2000, pp. 23-28.
- CAJAS, F. (1999). Public Understanding Of Science: Using Technology to Enhance School Science in Everyday Life. *International Journal of Science Education*, 21 (7) 765-773.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 243-254.
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). *Marco general de acción de la declaración de Budapest*, <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>.

- DE VRIES, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the «Technology is Applied Science» Paradigm. *Journal of Technology Education*, 8 (1), 7-15.
- DE VRIES, M. J. y TAMIR, A. (1997). Shaping Concepts of Technology: What Concepts and How to Shape Them. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 3-10.
- DEWEY, J. (1945) Methods in Science Teaching. *Science Education*, 29, 119-123.
- DRIVER, R. y OLDFHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FERREIRA GAUCHÍA, C. (2009). *Imagen de la tecnología proporcionada por la educación tecnológica en la enseñanza secundaria*. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de València. ISBN: 978-84-370-7789-5.
- FERREIRA-GAUCHÍA, C., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). Imagen de la tecnología transmitida por los textos de educación tecnológica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 20, 23-46.
- FREINET, C. (1971). *La educación por el trabajo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- GARDNER, P.L. (1994). Representations of the Relationship Between Science and Technology in the Curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.
- GIL-PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (Eds.). (2005b). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: OREALC/ UNESCO (<http://www.oei.es/decada/libro.php>).
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science, *Science & Education*, 14:309-320.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2008). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (En International Commission on Physics Education, <<http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>>).
- GONZÁLEZ, M., LÓPEZ CEREZO, J. A. y LUJÁN, J. L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION (2000). *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*. Reston, VA: ITEA.
- LEE, O., BUXTON, C., LEWIS, S. y LEROY, K. (2006). Science Inquiry and Student Diversity: Enhanced Abilities and Continuing Difficulties After an Instructional Intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (7), 607-656.
- MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 128-155.
- MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), 299-312.
- QUINTANILLA, M.A. y SÁNCHEZ RON, J.M. (1997). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Santillana.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALWERG-HENRIKSSON, H. y HEMMO, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission. <http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf>.

- RUDOLPH, J. L. (2005). Inquiry, Instrumentality, and the Public Understanding of Science, *Science Education*, 89 (5), 803-821.
- SANMARTÍN, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. Barcelona: Anthropos.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.
- TRUMBULL, D. J., GRUDENS-SCHUCK, N. y BONNEY, R. (2005). Developing Materials to Promote Inquiry: Lessons Learned. *Science Education*, 89(6), 879-900.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología, *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (1), 33-48.
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2007). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad, *Tecne, Episteme y Didaxis*, 22, 67-85.
- VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Una situación de emergencia planetaria a la que debemos y podemos hacer frente. *Revista de Educación*, número extraordinario 2009, pp. 101-122.

TEACHERS' CONCEPTIONS ABOUT THE NATURE OF TECHNOLOGY AND THE SCIENCE-TECHNOLOGY-SOCIETY-ENVIRONMENT (STSE) RELATIONSHIPS

Ferreira-Gauchía, Carlos

Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. España

carlos.ferreira@ucv.es

Vilches, Amparo; Gil-Pérez, Daniel

Universitat de València. España

Amparo.Vilches@uv.es • Daniel.gil@uv.es

The most widespread social conception of technology views it as a simple application of scientific knowledge, that is to say, as something that comes 'after' science. This conception is also generally held by science teachers, and justifies the lack of attention paid to technology in science education. In fact, the most frequent references to technology included in science textbooks are limited to simple enumerations of *applications* of scientific knowledge, and most studies about the nature of science don't pay any attention to the science-technology relationship. This contributes to naïve and distorted views of science, technology and STSE relationships (a decontextualised, socially neutral view of science, contemplated as an individualistic and elitist activity, following an infallible «Scientific Method», etc.) which deeply affect the necessary scientific and technological literacy of all citizens, as well as the preparation of the future scientists and technicians that our societies demand.

We describe these distortions that form a relatively well-integrated conceptual framework and are responsible, to a great extent, for many students' and citizens' rejection.

The first aim of the research we present in this paper has been to analyse if these distortions are also held by technology teachers'. We have studied the actual presence of these distortions in current technology teaching by means of, among other procedures, analysis of textbooks and assessment exercises, questionnaires, interviews... The results obtained show that the naïve view of technology as application of science and the rest of associated distortions are deeply rooted in current technology teaching as well as in science teaching.

Secondly, our intention has been to study how to overcome this simplistic conceptions in order to favour more meaningful science and technology learning as well as better attitudes towards the study of techno-scientific subjects. In fact, questioning the simplistic view of technology as «applied science» should be quite easy: it suffices a brief reflection on its historical development to understand that technical activity has preceded the mere existence of science by thousands of years. This obliges us to disregard the notion of technology as a by-product of science. Nevertheless, this simplistic conception continues to be generally accepted, even by technology teachers, *because this reflection is absent*. To make it possible, we have conceived a workshop which gives science and technology teachers the role of researchers who have to critically analyse the image of science and technology usually transmitted by current teaching. Our results show that the participation in this oriented research makes it possible for teachers to begin to overcome their distorted views of the nature of science and technology.

This clarification of the nature of science and technology makes possible the movement away from the typical reductionism of the activities included in current teaching and the incorporation of aspects which give a more adequate view of techno-science as an open and creative activity. An activity centred in a *contextualized approach of problematic situations* relevant to the construction of knowledge and/or the attainment of technological innovations, capable of satisfying human needs. This strategy aims basically to involve pupils (*and teachers in training*), with the aid and orientation of the teacher, in an open and creative work, inspired in that of scientists and technicians, thus including essential aspects currently ignored in techno-science education, such as, for example, *the discussion of the possible interest and worthiness of studying the situations proposed*, taking into account the STSE implications, in order to make this study meaningful and prevent students from becoming immersed in the treatment of a situation without having had the opportunity to form a first motivating idea about it. In this way pupils, playing the role of «members of the scientific community», will have the occasion to practice decision making about undertaking (or not) a certain research or innovation and to carry on it in a creative way.

Last but not least, there has been yet another important aim in our research: the United Nations General Assembly, given the serious and urgent problems humanity has to face nowadays, has adopted a resolution establishing a *Decade of Education for Sustainable Development* (2005-2014). This constitutes a new urgent call to educators *of all levels and areas* to contribute to citizens' awareness and understanding of the situation of planetary emergency in order to enable them to participate in well-founded decision-making. This is the aim that we can and must incorporate into techno-science education, teaching and research, conscious of the difficulties, but determined to contribute, as educators, scientists and citizens, to build up the conditions of a sustainable future.

