

# Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia

José Antonio Acevedo-Díaz,<sup>1</sup> Ángel Vázquez-Alonso,<sup>2</sup> M<sup>a</sup> Antonia Manassero-Mas<sup>3</sup> y Pilar Acevedo-Romero<sup>4</sup>.

*Este penúltimo número DE ANIVERSARIO lo dedicamos al tema de ciencia, tecnología y sociedad, incluido el de la historia y la filosofía de la ciencia. Para empezar, por estricto orden alfabético, nos toca presentar, sin duda alguna, al grupo de investigadores más destacado en este campo en la lengua hispana, el formado por Acevedo-Díaz, Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y Acevedo-Romero. Estos autores tienen una obra sin par en el tema de Ciencia-Tecnología-Sociedad y son muy afectos a citar todos los artículos relacionados con los asuntos que tocan. Cuando el lector desee una buena revisión bibliográfica de algún tema relativo a este tópico, debe consultar alguno de los artículos de José Antonio Acevedo, con quien hemos tenido la oportunidad de entablar agradables y juiciosas conversaciones electrónicas desde nuestra primera propuesta a escribir este artículo, que ahora ve la luz encendida del resto de los lectores de Educación Química, hace ya dos años desde esta fecha de hoy. Ojalá disfruten los lectores los resultados del análisis de las respuestas al Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS).*

## Summary

The need to connect the scientific knowledge with the technological context and their developments and innovations is increasingly assumed in the framework that promotes the STS movement for educational scientific and technological literacy for all. It is also a way to recover the forgotten role of technology in science teaching. A main hindrance to achieve that goal is the teachers' naïve beliefs on the diverse meanings of technology and their relationships to science. In this paper the in-service teachers' beliefs are explored through their answers to three questions of the Views on Science, Technology, and Society Questionnaire. The new multiple answer quantitative methodology not only allows more precise and detailed assessment of teachers' beliefs, but also the application of inferential statistics to prove the influence of an intensive training course to change these beliefs. On one hand, the data confirm the

prevalence of some beliefs already displayed in previous studies; for example, the naïve attitude to view technology as applied science. On the other hand, the small influence of the training course on teachers' beliefs is also evidenced. Consequently, a claim to include the explicit and sound teaching of these aspects in science teacher training is made.

**Key Words:** attitude and belief assessment; STS questionnaire; multiple answer model; technology; relationships between science and technology; science teacher training.

## Resumen

El movimiento educativo CTS promueve la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. Dentro de este marco, cada vez está más asumida la necesidad de conectar los conocimientos científicos con el contexto tecnológico y sus correspondientes desarrollos e innovaciones, para dar así entrada en la enseñanza de las ciencias al olvidado papel de la tecnología. Para conseguirlo plenamente, las creencias del profesorado sobre los significados de la tecnología y sus relaciones con la ciencia pueden ser una dificultad importante. Este artículo muestra los resultados de la evaluación de esas creencias, correspondientes a un grupo de profesores en ejercicio, aplicando tres cuestiones del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) mediante un modelo metodológico de respuesta múltiple. Esta nueva metodología

<sup>1</sup> Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva -España.  
**Correo electrónico:** ja\_acevedo@vodafone.es

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de las Islas Baleares - España.  
**Correo electrónico:** avazquez@dgadmedu.caib.es

<sup>3</sup> Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares, España.  
**Correo electrónico:** ma.manassero@uib.es

<sup>4</sup> IES "Ramón Olleros". Béjar (Salamanca) - España  
**Correo electrónico:** pi\_acevedo@yahoo.es

cuantitativa permite una evaluación más precisa y detallada de las creencias del profesorado, así como la aplicación de la estadística inferencial para contrastar la influencia de un curso de formación intensivo en la modificación de las creencias encontradas. Los datos confirman el predominio de ciertas creencias ya mostradas en estudios anteriores, como, por ejemplo, que la tecnología es sinónima de ciencia aplicada. También se ha comprobado la pequeña incidencia del curso realizado en el cambio de las creencias. Se concluye reclamando una reforma de la formación del profesorado de ciencias, que incluya un tratamiento explícito y más intenso de los aspectos señalados.

**Palabras Clave:** evaluación de actitudes y creencias; cuestionario CTS; modelo de respuesta múltiple; tecnología; relaciones entre ciencia y tecnología; formación del profesorado de ciencias.

## Introducción

Durante el último lustro se viene reclamando con cierta insistencia en Iberoamérica la necesidad de prestar mucha más atención de la que ha tenido hasta ahora a la tecnología en la educación científica (Buch, 2003; Cajas, 1999, 2001a,b; Fernández *et al.*, 2003; Maiztegui *et al.*, 2002; Martins, 2003; Osorio, 2002; Silva y Nuñez, 2003; Valdés *et al.*, 2002), lo que ha dado lugar a la aparición de monografías en revistas especializadas que abordan esta temática desde diversas perspectivas (Acevedo y Vázquez, 2003; Oñorbe, 2003). No obstante, coincidiendo con las reformas de la enseñanza de las ciencias puestas en marcha en muchos países durante la década de los noventa, este objetivo ya había sido formulado años atrás y existen notables muestras del interés por el mismo en la bibliografía internacional especializada de esa época (*v.g.*, Acevedo, 1995, 1996; Allsop y Woolnough, 1990; Davies, 1996; Eijkkelhof, Franssen y Houtveen, 1998; Fensham, 1990, 1992; Fensham y Gardner, 1994; Gardner, 1990, 1994; Gilbert, 1992, 1995; Layton, 1988; Price y Cross, 1995; Roy, 1990). A pesar de todo, resulta claro que la tecnología ha sido marginada (y continúa siéndolo aún) en una enseñanza de las ciencias que suele poner mucho más énfasis en los conocimientos propios de la ciencia académica del pasado que en los de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas (Martín-Gordillo y González-Galbarte, 2002).

Ciertamente, las interacciones entre la ciencia y la tecnología son muy complejas. Desde una perspectiva filosófica, Niiniluoto (1997) ha propuesto

cinco modelos sobre las relaciones ontológicas y causales entre ambas. Tres de ellos defienden puntos de vista monistas: (i) primacía ontológica de la ciencia sobre la tecnología (visión de la tecnología como ciencia aplicada), (ii) de la tecnología sobre la ciencia (imagen instrumental de la ciencia o incluso como una forma intensificada de tecnología) e (iii) identidad ontológica entre ambas (noción de tecnociencia postmoderna). Los otros dos son dualistas, porque aceptan la independencia ontológica entre las dos, pero el primero de ellos sostiene (iv) la independencia causal (no hay interacción entre ciencia y tecnología o, si la hubiera, es débil), mientras que el segundo defiende (v) una relación causal entre ambas (en general privilegiando más la que va en el sentido de la ciencia a la tecnología que la contraria).

Cuando se aplican estos modelos para analizar las relaciones que se han dado a lo largo de la historia entre la ciencia y la tecnología, es fácil comprobar que las relaciones han cambiado en las diferentes épocas y también que se han producido con distinto grado de intensidad (Acevedo *et al.*, 2003; Solbes, 2003). Puesto que pueden encontrarse ejemplos de todos los modelos señalados, no parece posible decantarse por ninguno de ellos en el análisis histórico (Acevedo *et al.*, 2003). Lo que sí puede afirmarse sin lugar a dudas es que la interacción entre ambas se ha incrementado mucho durante el siglo XX y que cada una se nutre cada vez más de la otra (Acevedo, 1997), sobre todo desde el nacimiento de la megaciencia (*big science*) y, más tarde, con la aparición de la tecnociencia contemporánea (Echeverría, 2003). Esta última se encuentra hoy en la vanguardia de la investigación, el desarrollo y la innovación, aunque continúa conviviendo con otras formas de ciencia y tecnología más tradicionales. Por ello, no es admisible que la enseñanza de las ciencias siga sin prestar la debida atención a las relaciones entre la ciencia y la tecnología, so pena de quedar reclusa en el pasado más obsoleto e inútil para la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía.

El significado de la tecnología es polisémico, por lo que es difícil resumirlo en pocas líneas. Kline (1985) lo ha asociado a: (i) los productos artificiales fabricados por las personas (herramientas, instrumentos, máquinas, artefactos y todo tipo de sistemas), (ii) los conocimientos técnicos, metodologías, capacidades y destrezas necesarias para poder diseñar y realizar las tareas productivas (actividades relacionadas con el saber hacer o *know-how*), (iii) los recursos humanos y materiales del sistema sociotéc-

nico de producción y (iv) el sistema sociotécnico necesario para el uso y mantenimiento de los productos fabricados, incluyendo también aquí aspectos tan diversos como los organizativos, legales... Por otro lado, dentro de la tradición que pone más el acento en los procesos que en los resultados, Pacey (1983) ha propuesto un significado de la práctica tecnológica como consecuencia de la articulación sistémica de sus dimensiones técnica, organizativa e ideológica-cultural, a las que ha añadido después otra dimensión que se relaciona con los sentimientos derivados de la experiencia personal con la tecnología, la cual subyace a las anteriores (Pacey, 1999). No nos extenderemos aquí más en estos aspectos, los cuales han sido discutidos con detalle en trabajos anteriores (Acevedo, 1996, 1998; Acevedo *et al.*, 2003).

### Marco teórico

El movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) para la enseñanza de las ciencias quizá proporciona hoy el marco más adecuado para la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002, 2003). Una de sus muchas propuestas consiste en prestar especial atención a la tecnología y a sus relaciones con la ciencia. Sin embargo, hay que reconocer también que la mayoría de los proyectos CTS para la enseñanza de las ciencias que se desarrollaron inicialmente, en los años ochenta y parte de los noventa, marginaron el papel de la tecnología en la educación CTS (Acevedo y Acevedo, 2002; Aikenhead, 2003), hasta el punto que la "T" mayúscula quedaba reducida a una "t" minúscula (Layton, 1989), por lo que contribuyeron bastante poco al análisis pormenorizado de las interacciones entre los dos primeros elementos del acrónimo (Acevedo, 1998; Gardner, 1994; Valdés *et al.*, 2002). Sin embargo, pese a esta crítica, no hay que renunciar a los enfoques CTS para tratar de corregir el reiterado abandono que la tecnología sufre en la enseñanza de las ciencias, sino, al contrario, llevarlos a la práctica docente hasta sus últimas consecuencias.

Para poder incorporar de un modo más eficaz esta temática a la enseñanza de las ciencias, parece necesario hacer un diagnóstico lo más completo posible de las creencias y actitudes que sostiene el profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia, empleando un instrumento y una metodología con la mayor validez y fiabilidad posibles. Este artículo pretende contribuir a ello, evaluando

los puntos de vista que los profesores en ejercicio tienen sobre estos aspectos y si son susceptibles de modificarse en el caso de que fuera preciso.

Varios estudios han puesto de manifiesto en la bibliografía internacional especializada las principales creencias de estudiantes y profesores sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia, utilizando distintos instrumentos y metodologías. Al igual que sucede con otras creencias CTS, éstas también suelen estar condicionadas por la propia cultura, por lo que se han hecho comparaciones cualitativas entre los resultados obtenidos en algunos países del mundo occidental, tales como Canadá, EE.UU., Israel y España (véase, *v.g.*, Acevedo *et al.*, 2003). Son menos frecuentes los trabajos que se han ocupado de sacar a la luz estas creencias para el profesorado de ciencias en ejercicio que para el profesorado en formación inicial y los estudiantes. Pese a ello, de los estudios analizados, se pueden resumir las siguientes creencias como las más importantes del profesorado en ejercicio:

- La tecnología es sinónima de ciencia aplicada (la creencia más frecuente en los países señalados) y se subordina jerárquicamente a la ciencia (creencia bastante frecuente).
- La tecnología se identifica con los instrumentos y artefactos técnicos que produce (una creencia menos frecuente que la anterior, pero que también aparece en todos los casos).
- La tecnología es una forma de resolver problemas prácticos (creencia minoritaria).
- La noción de la tecnología incluye, además de diseñar y saber hacer cosas (*know-how*), aspectos organizativos, económicos y a los consumidores (creencia aún más minoritaria).
- La comprensión de la influencia de la tecnología en la ciencia es, en general, mejor que la de la ciencia en la tecnología (sobre todo en España e Israel).

La gran mayoría de los trabajos consultados utilizan en sus evaluaciones preguntas extraídas de cuestionarios empíricamente desarrollados como el *Views on science-technology-society* (VOSTS; Aikenhead, Ryan y Fleming, 1989), el *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* (TBA-STs; Rubba y Harkness, 1993) y similares, aplicándolas de acuerdo con una metodología de respuesta única, que consiste en que la persona que responde elige una sola de las diversas frases que se ofrecen como posibles opciones. El presente estudio incorpora una nueva metodología mucho más elaborada para la evaluación de estas

cuestiones, la cual se describe brevemente en la próxima sección.

### Metodología

La metodología cuantitativa aplicada en este trabajo se ha desarrollado en diversas investigaciones previas de acuerdo con la siguiente secuencia:

- La construcción y adaptación del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) y su aplicación con un modelo de respuesta única (MRU) simple (Manassero y Vázquez, 1998).
- El análisis de las limitaciones del MRU y la propuesta de un nuevo modelo de respuesta múltiple (MRM), más completo, válido y eficaz (Vázquez y Manassero, 1999), que se sustenta en la clasificación de las frases de las cuestiones del COCTS realizada por un panel de jueces expertos<sup>1</sup> mediante procedimientos de escalamiento en tres categorías (Adecuada, Plausible e Ingenua).
- Una métrica hecha operativa por un conjunto de índices actitudinales normalizados que son invariantes (Acevedo *et al.*, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2004a; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000).

### Muestra

Los participantes en la investigación han sido 25 profesores de secundaria en ejercicio (14 hombres y 11 mujeres), inscritos en un curso de formación continua sobre temas CTS. Las especialidades predominantes son de ciencias (13 de Química y el resto de Física, Biología, Ingenierías y Matemáticas), pero también hay tres de Filosofía. La experiencia media del grupo es de alrededor de seis años de docencia (15 con menos de cinco años, mientras que el profesor más veterano tenía 23 años de antigüedad).

<sup>1</sup> El panel de jueces se constituyó con 16 expertos (11 hombres, y cinco mujeres). De ellos, tres con formación universitaria en filosofía y los 13 restantes en ciencias (física, química, biología o geología). Los jueces ejercen como profesores de enseñanza secundaria (5), asesores de ciencias en Centros de Formación del profesorado o instituciones (4) y profesores de universidad o investigadores (7). La mayoría (12) tiene reconocida una amplia actividad investigadora en el ámbito de la didáctica de las ciencias y ocho han abordado explícitamente los temas CTS en sus investigaciones. Los aspectos metodológicos relacionados con el análisis de las valoraciones realizadas por los jueces se describen con detalle en Manassero, Vázquez y Acevedo (2001).

### Instrumento

Las cuestiones que se afrontan en este estudio se extrajeron del COCTS, un banco de 100 cuestiones CTS que ha sido construido y mejorado a lo largo de varias etapas (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003; Vázquez y Manassero, 1999). Todas las cuestiones del COCTS tienen el mismo formato de elección múltiple, que se inicia con una cabecera de pocas líneas donde se plantea un tema CTS. Después sigue una lista de frases que ofrecen un abanico de diversas respuestas razonadas sobre el tema planteado, junto con tres opciones fijas que recogen algunos motivos para no responder la cuestión, tales como “No entiendo la cuestión”, “No sé lo suficiente sobre el tema para seleccionar una opción” y “Ninguna de las opciones satisface básicamente mi opinión” (véase el texto de las cuestiones aplicadas en este estudio en la tabla 1). Este formato de opción múltiple permite a las personas participantes expresar sus creencias sobre una amplia gama de aspectos en cada cuestión, que tal vez no aparecerían en una respuesta libre. De este modo, la actitud conformada por la valoración de las diferentes posibilidades contempladas en las frases es más completa y precisa.

La construcción del COCTS ha sido empírica, a partir de entrevistas, cuestionarios y respuestas abiertas previas de personas con formación similar a las que se les aplica luego el cuestionario (estudiantes y profesores), que fueron interpretadas de manera cualitativa. De este modo, las frases incluidas en las cuestiones sintetizan sus principales creencias sobre cada tema propuesto (Aikenhead y Ryan, 1992; Rubba y Harkness, 1993).

Las tres cuestiones seleccionadas para este estudio tratan de la definición de tecnología (10211), la influencia de la ciencia en la tecnología (10412) y, viceversa, la influencia de la tecnología en la ciencia (10413). Cada frase se ha codificado mediante un número de cinco cifras precedido y seguido de sendas letras. El número corresponde al tema planteado en la cuestión, la letra inicial (A, P o I) representa la categoría (Adecuada, Plausible o Ingenua, respectivamente) de la frase, de acuerdo con la clasificación realizada previamente por un panel de jueces expertos, y la letra final indica el lugar relativo de la frase dentro de cada cuestión siguiendo una ordenación alfabética (A, B, C).

### Procedimiento

Las tres cuestiones aplicadas (con 22 frases en conjunto) estaban incluidas en un grupo más amplio de

**Tabla 1.** Cuestiones aplicadas en este estudio.\*

10211. *Definir qué es la tecnología puede tener dificultad, porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:*

- A. Muy parecida a la ciencia. (P)
- B. La aplicación de la ciencia. (I)
- C. Nuevos procesos, instrumentos, maquinaria, herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores y aparatos prácticos para el uso de cada día. (P)
- D. Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación y automatismos. (P)
- E. Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos. (P)
- F. Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales). (P)
- G. Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas, para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores, y para el progreso de la sociedad. (A)
- H. Saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinaria y aparatos). (P)

10412. *¿La ciencia influye en la tecnología?*

- A. La ciencia no influye demasiado en la tecnología. (I)
- B. La tecnología es ciencia aplicada. (I)
- C. El avance en ciencia conduce a nuevas tecnologías. (P)
- D. La ciencia se hace más valiosa cuando se usa en tecnología. (P)
- E. La ciencia es el conocimiento base para la tecnología. (P)
- F. Los conocimientos de la investigación científica aplicada se usan más en tecnología que los de la investigación científica pura. (P)
- G. La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida. (I)

10413. *¿La tecnología influye en la ciencia?*

- A. La tecnología no influye demasiado en la ciencia. (I)
- B. La capacidad para crear tecnología marca el valor del conocimiento científico. (P)
- C. La disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica. (A)
- D. Los avances tecnológicos conducen a progresos en la ciencia. (A)
- E. La tecnología se usa por la sociedad para descubrir nuevos conocimientos científicos. (P)
- F. La tecnología suministra herramientas y técnicas a la ciencia. (A)
- G. La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida. (I)

(\*) En cada caso se han suprimido las tres opciones fijas que sirven para indicar el motivo por el que no se responde a las cuestiones. Entre paréntesis se indica si la frase es adecuada (A), plausible (P) o inadecuada (I), según la clasificación otorgada por los jueces expertos.

18 cuestiones, las cuales se administraron al profesorado participante como parte de una actividad dirigida a explorar sus actitudes y creencias previas sobre algunos temas CTS. De las 22 frases que se tratan en este estudio hay cuatro adecuadas (18%), doce plausibles (55%) y seis ingenuas (27%), según la clasificación hecha por los jueces expertos (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003). Estas frases pueden considerarse equivalentes a las expresadas por las personas entrevistadas en las metodologías

cualitativas y son interpretadas como claves por los investigadores.

El modelo utilizado es de respuesta múltiple (MRM), donde la persona que responde al asunto planteado en cada cuestión valora sobre una escala de nueve puntos su grado de acuerdo o desacuerdo con cada una de las frases ofrecidas (Manassero y Vázquez, 1998; Vázquez y Manassero, 1999). Las adecuadas se valoran tanto más alto cuanto más se aproxime la puntuación dada al 9, las ingenuas cuanto más cercana esté al 1 y las plausibles (que incluyen aspectos parcialmente adecuados) cuanto más próxima esté al 5 (el valor central de la escala). Aunque la metodología usada es cuantitativa, también permite hacer análisis cualitativos (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004a).

Cada una de estas valoraciones o puntuaciones directas se ha transformado después en un índice actitudinal, teniendo en cuenta la clasificación en las tres categorías mencionadas anteriormente (Adecuada, Plausible e Ingenua). El MRM aplicado permite obtener índices de actitud normalizados para cada frase comprendidos en el intervalo (-1, +1), en función de la categoría previamente asignada (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003, 2004a). Este índice mide el grado de sintonía de la puntuación directa otorgada por los participantes con la categoría asignada a cada frase por los jueces, que será tanto mayor cuanto más próximo esté el índice al valor +1 y tanto menor cuanto más próximo esté al valor -1 (Acevedo *et al.*, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000). Así pues, un índice con el valor +1 significa el máximo acuerdo posible con la categoría asignada a una frase por los jueces; por el contrario, un índice con el valor -1 indica el máximo desacuerdo posible con el estándar de los jueces. De otra manera, los índices positivos revelan una mayor capacidad para identificar la clasificación de las frases tal y como lo hacen los jueces (más alta cuanto más se aproximan a +1), mientras que los índices negativos muestran una menor capacidad (más baja cuanto más se acercan a -1).

El diseño experimental utilizado es un modelo ciego de test/retest, en el que el profesorado no conocía de antemano la segunda aplicación hasta el momento de hacerla. Así pues, los profesores respondieron a las cuestiones en dos ocasiones diferentes, al inicio del curso para evaluar sus creencias iniciales (pretest) y al final del mismo para valorar un posible cambio en las creencias que pueda atribuirse al curso de formación (retest).

## Resultados

A continuación se expondrán los resultados obtenidos respecto a (i) las actitudes iniciales del profesorado, (ii) las actitudes finales, (iii) la descripción cualitativa de sus principales creencias en esos dos instantes, (iv) los aspectos más positivos o fuertes y los más débiles o negativos de estas creencias y (v) los cambios estadísticamente significativos producidos.

### *Actitudes iniciales del profesorado*

El promedio inicial de los índices de actitud de las 22 frases aplicadas es positivo aunque bastante bajo (+0,067), lo que supone un pequeño ajuste positivo respecto a los estándares asignados por los jueces a estas frases, que es la referencia a seguir. También se han calculado los índices promedios iniciales para cada uno de los tres problemas propuestos. El más alto (+0,329) es el de la cuestión 10413 “*influencia de la tecnología en la ciencia*”, que es moderadamente positivo. Le sigue, con un valor muy próximo a cero (+0,024), el de la cuestión 10211 “*definición de tecnología*”. El último es el de la cuestión 10412 “*influencia de la ciencia en la tecnología*”, que es ligeramente negativo (-0,146). Estos índices ponen de manifiesto que el grupo de profesores tiene puntos de vista más adecuados del papel de la tecnología en la ciencia que, al revés, de la ciencia en la tecnología.

### *Actitudes finales del profesorado*

El promedio final de los índices actitudinales de las 22 frases es algo más elevado que el inicial, pero aún es bajo (+0,133). El más alto de los índices promedios finales de los tres problemas planteados vuelve a ser el de la cuestión 10413, moderadamente positivo (+0,294) pero algo inferior al inicial. El siguiente es el de la cuestión 10211 con un valor que sigue estando próximo a cero (+0,089), aunque un poco mayor que el inicial. El último continúa siendo el de la cuestión 10412, que ahora es positivo pero está muy próximo a cero (+0,022). Por tanto, después del curso, el grupo de profesores continúa teniendo creencias más adecuadas de la influencia de la tecnología en la ciencia que de la ciencia en la tecnología, si bien las diferencias se reducen un poco.

### *Descripción cualitativa de las principales creencias del profesorado*

El estudio de los índices de las 22 frases (cuatro adecuadas, doce plausibles y seis ingenuas) contenidas en las tres cuestiones aplicadas permite aproxima-

marse a las creencias concretas de los profesores respecto a las cuestiones propuestas. A continuación se resumen cualitativamente las principales creencias iniciales y finales del profesorado en cada una de esas cuestiones.

#### *1. Definición de tecnología*

La creencia inicial más firme del profesorado es la visión de la tecnología como ciencia aplicada (10211B). Le siguen el punto de vista que proporciona una definición más completa y adecuada de la tecnología (10211G) y la identificación del *know-how* (saber hacer) de la tecnología (10211H). Después de realizado el curso, las creencias sobre la tecnología son, en general, menos intensas que las iniciales. La primera es el punto de vista que proporciona una definición más completa y adecuada de la tecnología, la cual se mantiene moderadamente positiva. La segunda es la identificación de la tecnología con sus productos contemporáneos (10211D). La visión de la tecnología como ciencia aplicada es más débil que antes, pero es la siguiente en importancia.

#### *2. Influencia de la ciencia en la tecnología*

Al principio el profesorado asume bastante bien que la ciencia influye en la tecnología de modo general (10412A), pero también aparece con firmeza la creencia de que la tecnología es ciencia aplicada (10412B y G). Al final los profesores continúan creyendo en la influencia general de la ciencia en la tecnología. Aunque con algo menos de intensidad, siguen pensando que la tecnología es ciencia aplicada. Por último hay que destacar un cambio de tendencia positivo en la apreciación del valor de la dimensión tecnológica de la ciencia (10412D), si bien esta percepción es aún muy moderada.

#### *3. Influencia de la tecnología en la ciencia*

Antes de realizar el curso la mayoría de los profesores considera que la tecnología influye en la ciencia de manera general. Otras tres creencias bastante firmes expresan cómo influye la tecnología en la investigación científica y el progreso de la ciencia (10413C, D y F). Por último, aunque con más moderación, también aparece aquí la visión de la tecnología como ciencia aplicada (10413G). Después del curso la mayoría del profesorado sigue considerando que la tecnología influye en la ciencia. Disminuye la intensidad de las tres creencias que eran más firmes al principio, manteniéndose alta sólo una de ellas (10413D). También se mantiene moderada la visión

de la tecnología como ciencia aplicada. Por último, otra vez aparece un cambio de tendencia positivo en la apreciación del valor de la dimensión tecnológica de la ciencia (10413B), aunque esta percepción es moderada todavía.

#### *Aspectos más positivos y más negativos de las creencias del profesorado*

La metodología MRM aplicada permite diagnosticar las creencias más destacadas del profesorado con criterios más precisos que en los estudios exclusivamente cualitativos; por ejemplo, esto puede hacerse aplicando un criterio de máxima desviación respecto a la media muestral. De esta forma, no sólo afloran las creencias cualitativas existentes, sino que, además, se puede estimar cuantitativamente su importancia. Para ello, se han seleccionado las frases cuyos índices se sitúan una desviación estándar por encima y por debajo del valor medio de la muestra en los dos momentos considerados (antes y después del curso); es decir, las que manifiestan los valores más positivos (aspectos fuertes) y más negativos (aspectos débiles). Los aspectos fuertes son los que reflejan mayor coincidencia entre las creencias del profesorado y los estándares fijados por los jueces; los débiles corresponden a todo lo contrario, por ejemplo, cuando se valora como adecuada una frase ingenua o viceversa.

Aplicando este criterio, hay diez frases que representan los aspectos más fuertes y más débiles en el momento inicial y seis frases en el momento final. Los cinco más positivos de las creencias iniciales del profesorado son el reconocimiento de tres frases adecuadas (todas las que había menos una) y dos ingenuas (la tercera parte). Los cinco más negativos son la deficiente identificación de cuatro frases ingenuas (dos tercios) y una plausible. Los aspectos finales más fuertes y más débiles son menos (tres en cada caso), pero todos ellos ya estaban incluidos en los resultados iniciales. Los tres más positivos son la correcta identificación de una frase adecuada y dos ingenuas. Los tres más negativos son el mal reconocimiento de tres frases ingenuas. Pese a ser las más numerosas, las frases plausibles son las menos útiles para sacar a la luz los aspectos más fuertes y más débiles de las creencias del profesorado. Por el contrario, las frases adecuadas e ingenuas son las que mejor cumplen este objetivo; las primeras para revelar los aspectos más positivos y las segundas para los más negativos sobre todo. Estos resultados guardan bastante coherencia con la mayor facilidad de los

profesores participantes para identificar frases adecuadas e ingenuas que plausibles; una conclusión que ya se ha informado en otro lugar (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004a).

En los momentos inicial y final, la mayor parte de los aspectos destacados se concentran en las cuestiones 10412 y 10413 sobre las influencias mutuas entre la ciencia y la tecnología, débiles en el caso de la primera cuestión (influencia de la ciencia en la tecnología) y fuertes en el de la segunda (influencia de la tecnología en la ciencia). Por el contrario, la cuestión 10211 (definición de tecnología) es la que proporciona menos sucesos de ambos tipos, pues sólo hay uno negativo al principio (véase la tabla 2). Como se muestra en la tabla 2, los cinco aspectos más positivos de las creencias iniciales del profesorado corresponden a la identificación de tres frases adecuadas respecto a cómo influye la tecnología en la ciencia (10413C, D y F) y dos ingenuas de carácter general, una sobre este mismo tema (10413A) y otra sobre la influencia de la ciencia en la tecnología (10412A). Por el contrario, los cinco más negativos son la aceptación de dos frases ingenuas acerca de la influencia de la ciencia en la tecnología que afirman que la tecnología es ciencia aplicada (10412B y G), otras dos ingenuas que inciden en lo mismo, una de la definición de tecnología (10211B) y otra de la influencia de la tecnología en la ciencia (10413G) y, por último, otra sobre la influencia de la ciencia en la tecnología (10412C), para la cual no se reconoce su carácter plausible o parcialmente adecuado. En suma, antes del curso es mayoritario el punto de vista académico y positivista del profesorado de la tecnología como ciencia aplicada, así como la creencia de que el carácter instrumental de la tecnología tiene gran influencia en la investigación científica y el progreso de la ciencia. Después del curso, se repiten tres de los cinco aspectos más positivos y más negativos de las creencias iniciales del profesorado (véase la tabla 2).

#### *Cambios estadísticamente significativos*

Se han comparado las puntuaciones directas dadas por cada profesor a las 22 frases aplicadas en el pretest y en el retest mediante dos pruebas de significación estadística, una paramétrica (la prueba t para muestras apareadas) y, debido a que la muestra es pequeña, otra no-paramétrica (la prueba de Wilcoxon). Los resultados de ambas pruebas son bastante semejantes y revelan que las diferencias son significativas ( $p < 0,01$ ) solamente en tres frases, pero en

todas con mejores resultados (véase la tabla 3). Dos de ellas corresponden a la visión de la tecnología como ciencia aplicada (I0211B y I0412B), aunque hay que hacer notar que los índices finales continúan siendo negativos. En la tercera, donde el índice final pasa a ser positivo, se reconoce el valor de la dimensión tecnológica de la ciencia (I0413B).

Además de la significación estadística de las diferencias, para poder evaluar e interpretar la magnitud de los cambios de una variable al comparar dos grupos de datos se recomienda usar el parámetro estadístico conocido como *tamaño del efecto*, que mide el cambio entre ambos en unidades de desviación estándar (D.E.). En general, los valores del tamaño del efecto superiores a +0,500 suelen considerarse diferencias relevantes. En las tres frases cuyas diferencias son estadísticamente significativas, el tamaño del efecto de la mejoría atribuible al curso de formación es superior a media desviación estándar (véase la tabla 3), por lo que se puede considerar que se trata de un cambio relativamente grande. Sin embargo, la pequeña mejoría experimentada en el promedio de los índices normalizados de las 22 frases aplicadas y los escasos cambios con significación estadística que se acaban de mostrar, sugieren que el impacto global del curso CTS impartido está lejos de ser satisfactorio respecto al progreso de las creencias del profesorado en las cuestiones que tratan sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia.

## Discusión

En el plano metodológico, este estudio ha mostrado la capacidad del COCTS y la potencia de la nueva metodología MRM en la evaluación de las creencias y actitudes del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia, así como para contrastar estadísticamente los efectos sobre estas creencias de un curso de formación destinado a mejorar las actitudes CTS generales del profesorado en ejercicio que participó en el mismo. La aplicación del COCTS con

**Tabla 2.-** Índices medios inicial y final de las frases que corresponden a las creencias más positivas y más negativas del profesorado.

Frases	Inicial	Final
<b>Definición de tecnología</b>		
(I10211B) La tecnología es la aplicación de la ciencia.	-0,490	-0,188*
<b>Influencia de la ciencia en la tecnología</b>		
(I10412A) La ciencia no influye demasiado en la tecnología.	+0,781	+0,802
(I10412B) La tecnología es ciencia aplicada.	-0,470	-0,219
(P10412C) El avance en ciencia conduce a nuevas tecnologías.	-0,440	-0,125*
(I10412G) La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.	-0,406	-0,406
<b>Influencia de la tecnología en la ciencia</b>		
(I10413A) La tecnología no influye en gran medida sobre la ciencia.	+0,700	+0,663
(A10413C) La disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica.	+0,552	+0,448*
(A10413D) Los avances tecnológicos conducen a progresos en la ciencia.	+0,600	+0,604
(A10413F) La tecnología suministra herramientas y técnicas para la ciencia.	+0,610	+0,427*
(I10413G) La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.	-0,360	-0,365

(\*) No están incluidas entre las creencias finales más positivas y más negativas del profesorado.

la metodología MRM ha permitido el análisis cuantitativo y cualitativo pormenorizado de las creencias del profesorado relativas a las cuestiones propuestas, llegando hasta el diagnóstico de sus aspectos más positivos y negativos, los cuales se han sintetizado en este estudio.

Las frases de las cuestiones y sus correspondientes puntuaciones adquieren pleno sentido en el contexto de cada tema planteado, contribuyendo así a reafirmar la validez de las medidas realizadas. Cada cuestión ha sido evaluada con diversas frases, correspondiéndole a cada una de ellas una posición sobre

**Tabla 3.** Frases cuyas diferencias entre la aplicación final e inicial son estadísticamente significativas.

Frases	Nivel de significación (p)		Índice inicial		Índice final		Tamaño del efecto	Texto de las frases
	t	Wilcoxon	Media	D.E.	Media	D.E.		
I10211B	0,0086	0,0088	-0,490	0,459	-0,188	0,627	+0,556	La tecnología es la aplicación de la ciencia.
I10412B	0,0022	0,0049	-0,470	0,475	-0,219	0,491	+0,517	La tecnología es ciencia aplicada.
P10413B	0,0006	0,0013	-0,080	0,640	0,348	0,714	+0,632	La capacidad para crear tecnología marca el valor del conocimiento científico.

el tema, esto es, una creencia. A efectos de normalización de su aplicación, estas frases se han clasificado como adecuadas, plausibles e ingenuas, pero no se pretende tanto encasillar las creencias de los participantes en estas categorías, ni en una posición u otra, como describirlas y aclararlas mediante la escala actitudinal empleada, que es cuantitativa e invariante (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004a).

Desde la óptica del diagnóstico, los resultados han puesto en evidencia la falta de adecuación de algunas creencias del profesorado respecto a la temática abordada y, por tanto, su presumible falta de tratamiento apropiado en el aula de ciencias. Como aspecto más negativo, destaca sobre todo la visión excesivamente positivista de la tecnología como ciencia aplicada (10211B, 10412B, 10412G y 10413G), que es una de las creencias más informada en la bibliografía (Acevedo *et al.*, 2003). No obstante, como aspecto más positivo, también sobresale la creencia de que los avances tecnológicos conducen al progreso de la ciencia. Por otra parte, cabe resaltar también que la naturaleza compleja de estas actitudes permite interpretar que muchos profesores sostengan al mismo tiempo creencias contradictorias sobre una misma cuestión, sin aparente incoherencia ni conflicto personal (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

Otro logro importante de la aplicación del COCTS con la nueva metodología MRM ha sido la posibilidad de contrastar estadísticamente la incidencia del curso de formación impartido respecto a las cuestiones aquí tratadas. No hay lugar para extenderse en el análisis y discusión de las causas del escaso progreso observado en los resultados. Sin embargo, al menos hay que apuntar que los resultados mostrados deberían conducir, por un lado, a tomar conciencia de la dificultad de modificar estas creencias, las cuales conforman las actitudes sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia, y, por tanto, la necesidad de un verdadero cambio actitudinal (Eagly y Chaiken, 1993). También es evidente la necesidad de revisar el curso realizado en su amplitud, contenidos, metodología y variedad de actividades a realizar. Por último, parece bastante probable que la consecución de cambios de mayor entidad requiera de cursos explícitos, más extensos y con tiempo suficiente para propiciar una profunda reflexión del profesorado sobre los aspectos aquí tratados. Ciertamente, todas estas condiciones van mucho más allá de las que se han dispuesto en el curso desarrollado.

### Implicaciones para el profesorado

En general, los resultados mostrados en este artículo ponen en cuestión la preparación del profesorado en ejercicio para introducir adecuadamente la educación tecnológica en la enseñanza de las ciencias y poder implicarse así con más eficacia en la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas, que es, sin duda, el reto más importante que tiene hoy la enseñanza de las ciencias (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003).

En efecto, cuando algo no se comprende bien o no se valora demasiado suele excluirse, por lo que cabe esperar que el profesorado de ciencias tienda a ignorar en su planificación docente aspectos como el papel de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, o no los contemple como se merecen ni, por supuesto, de modo apropiado. No se discutirán consideraciones epistemológicas relacionadas con la necesidad de la comprensión de una concepción más amplia de la naturaleza de la ciencia, que incluya la tecnociencia contemporánea (Echeverría, 2003; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004b; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez *et al.*, 2004) y sea capaz de contribuir a satisfacer unas finalidades educativas más amplias y ajustadas a la realidad (Acevedo, 2004). Sin embargo, respecto al aprendizaje, debe subrayarse que la exclusión de la tecnología del currículo de ciencias dificulta la relación entre la ciencia escolar y la experiencia diaria del alumnado, de la que la tecnología es una parte sustancial; algo que los profesores de ciencias no suelen tener en cuenta muy a menudo (Cajas, 1999, 2001a). Sin duda, esto resulta muy negativo para favorecer un aprendizaje más significativo, pues elimina referentes importantes para su logro, como es un conocimiento más próximo al de los estudiantes y la transferencia de aprendizajes escolares a la vida cotidiana (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003).

Aún hay otra grave consecuencia de la falta de atención a estos aspectos en la formación universitaria de los estudios de ciencias y en la formación inicial y permanente del profesorado. En muchos casos, la carencia señalada puede llegar a suponer después desinterés por la misma y hasta el rechazo de los contenidos relacionados con esta temática. Esta secuela tan negativa tiene claras implicaciones actitudinales, pues se trata de uno de los importantes factores que impiden que el profesorado lleve a su práctica docente este tipo de contenidos.

Para mejorar su formación en este campo, no basta sólo con que los profesores reconozcan que las actividades científicas conllevan diversas tecnologías o que implican el diseño tecnológico, ni que para resolver los problemas tecnológicos contemporáneos hacen falta ideas, conceptos y teorías científicas, como de manera demasiado simple y poco rigurosa se ha despachado a veces este asunto en la enseñanza de las ciencias. Es preciso que avancen más en el significado de las nociones de ciencia y tecnología, incluyendo la presencia de lo social en la naturaleza y la práctica de ambas, porque las dos son construcciones humanas. Es necesario, asimismo, provocar la reflexión del profesorado sobre los impactos que la ciencia y la tecnología ejercen en la sociedad, los cuales pueden alcanzar al sistema de valores sociales dominante, incluso mucho más allá de las finalidades y previsiones que se pensaban inicialmente. A la vez, también hay que favorecer la comprensión de cómo los valores sociales intervienen contextualmente en la forma de desarrollarse, relacionarse y diferenciarse la ciencia y la tecnología, tanto en el pasado como en el presente (Acevedo, 1998). Para conseguir esto, consideramos que es imprescindible asumir con todas sus consecuencias las orientaciones del enfoque CTS en la formación del profesorado, con el fin de dotarle de la cultura científica y tecnológica necesaria para abordar los nuevos retos que se presentan en el siglo XXI a la educación científica y tecnológica. ▣

## Referencias

- Acevedo, J.A. (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique*, 3, 75-84. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001. <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo5.htm>
- Acevedo, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.
- Acevedo, J.A. (1997). ¿Publicar o patentar? Hacia una ciencia cada vez más ligada a la tecnología. *Revista Española de Física*, 11(2), 8-11. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001. <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo4.htm>
- Acevedo, J.A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 409-420. En <http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521v16n3p409.pdf>
- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16. En <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
- Acevedo, J.A., Acevedo, P., Manassero, M.A. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. En <http://www.campusoei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>.
- Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Vázquez, A. (2002). Nuevos retos educativos: Hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Pensamiento Educativo*, 30, 15-34.
- Acevedo, J.A. y Vázquez, A. (2003). Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), editorial. En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Acevedo, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>. Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Acevedo, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2). En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Acevedo, J.A., Vázquez, A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Acevedo, P. y Acevedo, J.A. (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54(1), 5-18. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003. <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo19.htm>.
- Aikenhead, G.S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross (Ed.), *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham* (pp. 59-75). New York: Routledge Falmer. En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>
- Aikenhead, G.S. y Ryan, A.G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Aikenhead, G.S., Ryan, A.G. y Fleming, R.W. (1989). *Views on science-technology-society* (from CDN.mc.5). Saskatoon (Canada): Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan. En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts.pdf>
- Allsop, R.T. y Woolnough, B.E. (1990). The relationship of technology to science in English schools. *Journal of Curriculum Studies*, 22(2), 127-136.
- Buch, T. (2003). CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 147-163. En <http://www.campusoei.org/revista/rie32a07.PDF>.
- 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. (2001a). Alfabetización científica y tecnológica. La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.
- Cajas, F. (2001b). The Science/Technology Interaction: Implications for Science Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 715-729.
- Davies, D. (1996). The relationship between science and technology in the primary curriculum: alternative perspectives. *The Journal of Design and Technology Education*, 2(2), 101-111.

- Eagly, A.H. y Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Eijkelhof, H., Franssen, H. y Houtveen, T. (1998). The changing relation between science and technology in Dutch secondary education. *Journal of Curriculum Studies*, 30(6), 677-690.
- Echeverría, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE.
- Fensham, P.J. (1990). What will science education do about technology? *The Australian Science Teachers Journal*, 36(3), 8-21.
- Fensham, P.J. (1992). Science and Technology. En P.W. Jackson (Ed.), *Handbook of Research on Curriculum* (pp. 789-829). New York: MacMillan.
- Fensham, P.J. y Gardner, P.L. (1994) Technology education and science education: A new relationship? En D. Layton (Ed.), *Innovations in science and technology education*, Vol. V (pp. 159-170). París: UNESCO.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J. y Salinas, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3).  
En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Gardner, P.L. (1990). The technology-science relationship: Some curriculum implications. *Research in Science Education*, 20, 124-133.
- Gardner, P.L. (1994). Representations of the relationship between science and technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.
- Gilbert, J.K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 563-578.
- Gilbert, J.K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24.
- Kline, S.J. (1985). What is technology? *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 5(3), 215-218.
- Layton, D. (1988). Revaluing the T in STS. *International Journal of Science Education*, 10(4), 367-378.
- Maiztegui, A., Acevedo, J.A., Caamaño, A., Cachapuz, A., Cañal, P., Carvalho, A.M.P., Del Carmen, L., Dumas Carré, A., Garriz, A., Gil, D., González, E., GrasMartí, A., Guisasaola, J., LópezCerezo 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, 129-155.  
En <http://www.campusoei.org/revista/rie28a05.PDF>
- Manassero, M.A. y Vázquez, A. (1998). *Opinions sobre ciência, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Govern Balear, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.  
En <http://www.ets.org/testcoll/>
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2004a). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2004b). Evidences for consensus on the nature of science issues. En R.M. Jamiuk y E. Samonek-Miciuk (Eds.): *Science and Technology Education for a Diverse World – dilemmas, needs and partnerships*. International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XI<sup>th</sup> Symposium Proceeding (pp. 167-168). Lublin, Poland: Marie Curie-Sklodowska University Press.
- Martín-Gordillo, M. y González-Galbarte, J.C. (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 17-59.  
En <http://www.campusoei.org/revista/rie28a01.PDF>
- Martins, I.P. (2003). Formação inicial de Professores de Física e Química sobre a Tecnologia e suas relações sócio-científica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3).  
En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Oñorbe, A. (2003). Ciencia y tecnología. *Alambique*, 38, 5-7.
- Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad. Aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 61-81.  
En <http://www.campusoei.org/revista/rie28a02.PDF>
- Pacey, A. (1983). *The Culture of Technology*. Cambridge, MA: MIT Press. Traducción de R. Ríos (1990): *La cultura de la Tecnología*. México DF: FCE.
- Pacey, A. (1999). *Meaning in Technology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Price, R.F. y Cross, R.T. (1995). Conceptions of science and technology clarified: improving the teaching of science. *International Journal of Science Education*, 17(3), 285-293.
- Roy, R. (1990). The relationship of technology to science and the teaching of technology. *Journal of Technology Education*, 1(2), 5-18.
- Rubba, P.A. y Harkness, W.L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431.
- Silva, M.G.L. y Núñez, I.B. (2003). Os saberes necessários aos professores de química para a Educação Tecnológica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3).  
En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Solbes, J. (2003). Las complejas relaciones entre ciencia y tecnología. *Alambique*, 38, 8-20.
- Valdés, P., Valdés, R., Guisasaola, J. y Santos, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 101-128.  
En <http://www.campusoei.org/revista/rie28a04.PDF>
- Vázquez, A., Acevedo, J.A. y Manassero, M.A. (2000). Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS. En I.P. Martins (Coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais* (pp. 219-230). Aveiro: Universidade de Aveiro. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001.  
<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>
- Vázquez, A., Acevedo, J.A. y Manassero, M.A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. En <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En I.P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.): *Perspectivas CiênciaTecnologiaSociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 129-132). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro.