

Evaluación de creencias sobre ciencia, tecnología y sus relaciones mutuas

José-Antonio Acevedo-Díaz (ja_acevedo@vodafone.es)
Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, España

Ángel Vázquez-Alonso (avazquez@iaqse.caib.es)
Consejería de Educación de las Islas Baleares, España

Pilar Acevedo-Romero (pi_acevedo@yahoo.es)
IES Ramón Olleros Gregorio, Salamanca, España

María-Antonia Manassero-Mas (ma.manassero@uib.es)
Universidad de las Islas Baleares, España

En este artículo se evalúan las creencias de una amplia muestra de estudiantes sobre los conceptos de ciencia, tecnología y sus relaciones mutuas, utilizándose para ello nueve preguntas incluidas en el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). Los resultados muestran algunas ideas aceptables sobre la ciencia, mientras que la tecnología se identifica sobre todo con sus productos o como ciencia aplicada, lo que influye en parte en los puntos de vista sobre las relaciones entre la ciencia y la tecnología, subordinándose ésta a la primera, aunque se reconozca también la existencia de un cuerpo de conocimientos propio de la tecnología y su influencia en los avances científicos. La comparación de estas creencias con las de una extensa muestra de profesorado, empleando para ello una selección de tres de las cuestiones anteriores, permite comprobar que los perfiles cualitativos son semejantes y son pocas las diferencias cuantitativas, que, además, una vez están a favor del profesorado y otra del alumnado. Se concluye, pues, afirmando que la comprensión de esta temática no se ha conseguido hasta ahora en la educación científica española. Para intentar conseguirlo, se reclama un currículo de ciencias más acorde con las orientaciones que proporciona el movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) para la enseñanza de las ciencias y una formación explícita del profesorado en los temas señalados.

73

Palabras clave: Educación científica, Evaluación de creencias, Naturaleza de la ciencia, Naturaleza de la tecnología, Relaciones entre ciencia y tecnología, CTS.

This article evaluates the beliefs of an ample sample of students regarding the concepts of science, technology, and their mutual relationships, using as its basis nine questions found in The Opinion Questionnaire About Science, Technology, and Society. The results show that technology is mainly identified either with its products or as an applied science. The comparison between these beliefs to those of an ample sample of teachers, using a selection of three of the previously mentioned questions, allows one to determine that the qualitative profiles are similar and that there are but a few quantitative differences. It is therefore assumed, that the understanding of these concepts in the Spanish scientific education hasn't yet been achieved. To try to correct this problem, we strongly ask for a science syllabus that concurs more with the Science-Technology-Society (STS) views and orientations, as well as some specific teacher training regarding the above related matter.

Key words: Scientific education, evaluation of beliefs, the nature of science, the nature of technology, relationships between science and technology, STS

Introducción

Desde hace tiempo la didáctica de las ciencias viene reclamando que se preste más atención a la naturaleza de la ciencia, habiéndose convertido recientemente su conocimiento explícito en un objetivo central de la enseñanza de las ciencias (Adúriz-Bravo, 2001; Fernández, 2000; Matthews, 1998b; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998), sobre todo en las reformas emprendidas por algunos países durante la última década del siglo XX (AAAS, 1989, 1993; Department for Education and Employment, 1999; NRC, 1996; NSTA, 1993; Solomon, 1991). Para ello se han esgrimido diversas razones, tales como aquellas relativas a la enseñanza y al aprendizaje de los conceptos científicos, utilitarias, democráticas, culturales, axiológicas, etcétera (Driver et al., 1996); argumentos que no siempre están suficientemente avalados por los resultados de las investigaciones realizadas en didáctica de las ciencias (Acevedo et al., 2004, 2005), por lo cual parece que la decisión de dar más relevancia a la naturaleza de la ciencia en la educación científica es sobre todo una elección basada en los valores que se consideran deseables (Acevedo et al., 2004, 2005 en prensa; Bell y Lederman, 2003). De otro modo, la mayoría de los expertos en didáctica de las ciencias están hoy de acuerdo en que enseñar algo sobre la naturaleza de la ciencia tiene valor per se y da calidad a la enseñanza.

Ahora bien, casi todas las evaluaciones realizadas hasta ahora permiten afirmar que no se ha conseguido la comprensión de la naturaleza de la ciencia por parte del alumnado (Acevedo, 1992, 2001; Lederman, 1992; Moss, Abrams y Robb, 2001; Ryan y Aikenhead, 1992; Vázquez y Manassero, 1999a) ni por el profesorado (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, 1994, 2000; Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo et al., 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002b; Lederman, 1992; Lederman et al., 2001; Manassero y Vázquez, 2000; Mellado, 1996, 1997; Pomeroy, 1993; Rubba y Harkness, 1993). Además, en los últimos años, algunos especialistas en educación científica reivindican que una comprensión más completa de esta temática requiere incluir también la naturaleza de la tecnología¹ (Acevedo, 1995, 1996, 1997b; De Vries, 1996; Gardner, 1994b, 1995, 1997; Santos, 1999) y las relaciones entre la ciencia y la tecnología (Acevedo, 1998a,b; Acevedo et al., 2003; Acevedo y Vázquez, 2003; Cajas, 2001; Fensham y Gardner, 1994; Gardner, 1990,

74

¹ El grupo de Norman G. Lederman, Fouad Abd-El-Khalick y otros miembros del Illinois Institute of Technology y la Oregon State University, entre otras instituciones estadounidenses, es uno de los más activos en la investigación sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias y la formación del profesorado en este campo (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell et al., 2001). Sus trabajos son, sin duda, un referente en todo el mundo; sin embargo, también tienen algunas limitaciones. Primero, sus evaluaciones están restringidas a unos cuantos aspectos básicos de la naturaleza de la ciencia, plasmados en el VNOS-*Views of Nature of Science Questionnaire* (Lederman et al., 2001, 2002), que se corresponden con los puntos de vista de los *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993) del Proyecto 2061 y los *National Science Education Standards* (NRC, 1996), los cuales dominan la alfabetización científica en los EE.UU. desde la última década del siglo XX (Felske, Chiappetta y Kemper, 2001). Segundo, no abordan importantes cuestiones relativas a cómo afecta la tecnología a crear nuevas formas de concebir la naturaleza de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas (Acevedo, 1997b; Acevedo y Acevedo 2002; Echeverría, 2003; Vázquez et al., 2001), lo que puede dejar algo obsoletos, o al menos incompletos, los esfuerzos para que el profesorado y el alumnado puedan lograr una mejor y actualizada comprensión de la naturaleza de la ciencia.

1994a; Gilbert, 1992, 1995; Martins, 2003; Solbes, 2003; Valdés et al., 2002), abordando en la enseñanza de las ciencias el importante papel de la tecnología en la ciencia (Maiztegui et al., 2002), ya que, entre otros motivos, su olvido podría contribuir a reforzar algunas visiones deformadas de la ciencia (Fernández et al., 2003, 2005).

El objetivo señalado también es un componente básico de la alfabetización científica para todas las personas (Millar y Osborne, 1998; Reid y Hodson, 1989), tal y como la asume el movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) para la enseñanza de las ciencias (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002, 2003; NSTA, 1991; Spector, Strong y Laporta, 1998; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005a). Un primer problema para su consecución es que el conocimiento de la naturaleza de la ciencia implica en gran medida un metaconocimiento (Driver et al., 1996; Seroglou y Koumaras, 2001) -una reflexión sobre la propia ciencia- por lo cual podría estar fuera del alcance de la mayoría del alumnado, especialmente si su tratamiento en el aula no se aborda de manera explícita y comprensiva. Un segundo problema importante es que las concepciones sobre la ciencia, construidas desde la reflexión filosófica y las investigaciones histórica y sociológica, son diversas, complejas y dinámicas. En consecuencia, no es fácil llegar a un acuerdo sobre qué principios básicos podrían servir para definir una comprensión más adecuada de la naturaleza de la ciencia, mostrando importantes discrepancias los propios filósofos de la ciencia (Alters, 1997a, 1997b; Vázquez et al., 2001). Sin embargo, tampoco es una tarea imposible (Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Felske, Chiappetta y Kemper, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004b; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998; Osborne et al., 2001, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004, 2005b; Vázquez et al., 2004, 2005), sobre todo si se tiene en cuenta que la mayoría de los desacuerdos se refieren a aspectos demasiado abstractos para tener gran repercusión en la vida cotidiana de los estudiantes o para ser susceptibles de su transposición didáctica a la enseñanza de las ciencias (Abd-El-Khalick y Boujaoude, 1997) y, en cambio, se proponen unos objetivos más modestos y ajustados para la enseñanza de las ciencias (Matthews, 1998a).

75

Como se ha mostrado en otro lugar (Vázquez et al., 2001), la investigación sobre estas cuestiones ha puesto en evidencia ciertas posiciones menos apropiadas (empirismo inductivista, realismo ingenuo, relativismo radical, unidad del método científico, etc.), junto a otras que pueden considerarse más adecuadas (provisionalidad del conocimiento científico, su construcción social, su falibilidad, pluralidad metodológica, papeles de la teoría y la experiencia práctica en la actividad científica, etc.). La ciencia moderna se ha configurado como un conocimiento básico y sistemático del mundo físico con la principal finalidad de explicarlo y hacer mejores predicciones, pero también para intervenir en él y transformarlo (Acevedo, en prensa; Hacking, 1983). Pese a este punto de partida generalmente admitido, desde la filosofía se han construido algunos paradigmas para explicar la naturaleza de la ciencia, tales como el positivismo, el realismo, el instrumentalismo (pragmatismo) y el relativismo, con puntos de vista contrapuestos en muchos aspectos. Estos paradigmas se consideran marcos generales de investigación que, a partir de sus coincidencias y discrepancias, son útiles para dar fundamentos a una enseñanza de

las ciencias coherente con el objetivo de conseguir una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia (Vázquez et al., 2001). Además, la sociología de la ciencia ha resaltado otros aspectos importantes que complementan a los factores epistemológicos, tales como los valores, supuestos e intereses que guían a los científicos en su trabajo, las normas y hábitos de la comunidad científica y elementos psicológicos y sociológicos que también conforman la racionalidad científica.

Cuando se comparan la ciencia y la tecnología, puede comprobarse que el diferente valor concedido a una y otra se remonta al menos al pensamiento helenístico clásico. Partiendo de la distinción platónica entre el conocimiento teórico más abstracto (prestigiado) y la actividad manual basada en la práctica (minusvalorada), Aristóteles argumentó que el conocimiento científico (*episteme*) era deseable por sí mismo, mientras que la técnica (*techne*) solo era un medio para satisfacer necesidades humanas (Martín-Gordillo y González-Galbarte, 2002). Muchos siglos después, Bacon defendió una posición contraria, considerando que el conocimiento para manipular las cosas materiales era más útil para el progreso social que el saber abstracto. Lo cierto es que la tensión entre el conocimiento teórico (ciencia) y el saber hacer ligado a la práctica (técnica) ha continuado a lo largo del tiempo, aunque decantándose casi siempre a favor del primero, debido al mayor status cultural que se le suele conceder a la ciencia en los ambientes académicos (Acevedo, 1995, 1996).

76

Por su intensa relación instrumental con la sociedad, la tecnología está más mediatizada aún que la ciencia. Su significado es poliédrico y, según Kline (1985), se asocia a: (i) los productos artificiales fabricados por las personas (herramientas, instrumentos, máquinas, artefactos y sistemas de todo tipo); (ii) los conocimientos técnicos, metodologías, capacidades y destrezas necesarias para poder diseñar y realizar las tareas productivas (actividades relacionadas con el saber hacer); (iii) los recursos humanos y materiales del sistema socio-técnico de producción; y (iv) el sistema socio-técnico necesario para el uso y mantenimiento de los productos fabricados, incluyendo también aquí aspectos tan variados como los legales. Los procesos tecnológicos implican invención, diseño, innovación, diseminación, evaluación y, también, educación tecnológica (como conocimiento general y como saberes especializados). Por otra parte, de acuerdo con Pacey (1983), puede obtenerse un significado bastante completo de la práctica tecnológica mediante la articulación sistémica de sus dimensiones técnica, organizativa e ideológica-cultural, a las que puede añadirse una dimensión subyacente a las anteriores que incluye los sentimientos derivados de la experiencia personal con la tecnología (Acevedo, 2006 en prensa; Pacey, 1999).

A lo largo de la historia, la ciencia y la tecnología se han relacionado entre sí con diferentes grados de intensidad, circunstancia que ha dado lugar a distintas interpretaciones de estas interacciones (Acevedo, en prensa). Su análisis puede hacerse mediante cinco modelos establecidos por Niiniluoto (1997) a partir de las relaciones ontológicas y causales entre ambas. Hay tres puntos de vista monistas: primacía ontológica de la ciencia sobre la tecnología (visión de la tecnología como ciencia aplicada), de la tecnología sobre la ciencia (imagen de la ciencia como

instrumento o, incluso, como una forma intensificada de tecnología) e identidad ontológica entre ambas (promovida por la tecnociencia postmoderna). Los otros dos modelos son dualistas, puesto que se acepta la independencia ontológica entre ambas, pero mientras que uno sostiene la independencia causal (no hay interacción entre ciencia y tecnología o, a lo sumo, es débil), el otro defiende una relación causal entre ambas (generalmente privilegiando más la que va en el sentido de la ciencia a la tecnología que la contraria). El estudio de estos cinco modelos a través de la historia de la ciencia y de la tecnología, en particular desde el siglo XVII hasta la actualidad, permite mostrar la presencia de casos de todos los tipos (Acevedo, en prensa). La historia de la ciencia y de la tecnología es lo suficientemente rica y diversa como para poder resumir tales relaciones en un único modelo (Ziman, 1976). Así pues, como las relaciones no han sido ni son siempre las mismas, la conclusión es que ninguno es capaz de dar cuenta *per se* de todas las situaciones posibles (Acevedo et al., 2003).

Estos párrafos a modo de introducción permiten vislumbrar el interés y, al mismo tiempo, la complejidad que supone conseguir el objetivo de alcanzar un conocimiento más adecuado de la naturaleza de la ciencia, ampliado ahora con el de la naturaleza de la tecnología. Para su adecuada incorporación a la enseñanza de las ciencias es útil hacer un diagnóstico lo más completo posible con instrumentos válidos y fiables de las creencias de los estudiantes sobre la ciencia, la tecnología y sus relaciones mutuas. Este artículo pretende contribuir a ello, evaluando sus puntos de vista sobre estas cuestiones y comparándolos en unos cuantos casos con los del profesorado.

77

Aspectos metodológicos

Instrumento

Las cuestiones aplicadas en este estudio son las correspondientes a la dimensión titulada "Ciencia y tecnología: definiciones y relaciones mutuas", una de las nueve que componen el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad, que en adelante se abreviará por su acrónimo COCTS² (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003; Vázquez y Manassero, 1997, 1998). Estas cuestiones se

² El COCTS es un cuestionario para evaluar las actitudes y creencias CTS con cien preguntas de opción múltiple, las cuales se han desarrollado empíricamente; esto es, a partir de las respuestas previas (mediante preguntas abiertas y entrevistas) de grupos de personas similares (estudiantes o profesores) a los que se va a aplicar el cuestionario y no basándose en las propias ideas del investigador sobre los temas planteados, como suele ser habitual en la mayoría de los casos (Aikenhead, 1988). Se pretende así evitar la denominada "percepción inmaculada", es decir, la creencia implícita de que el investigador y las personas que responden entienden de la misma manera el significado del texto de las cuestiones; de este modo, se reduce la ambigüedad y la distorsión de los significados en las respuestas. Además, los procesos metodológicos seguidos en el desarrollo empírico dotan a las frases de las cuestiones de validez inherente (Ryan y Aikenhead, 1992). Este cuestionario parte de la taxonomía de actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología propuesta por Vázquez y Manassero (1995) y toma como referencia otros del mismo tipo, como el VOSTS y el TBA-STTS, aunque adaptados al contexto cultural español. El COCTS está disponible en castellano y en catalán (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003) y está prácticamente terminada su traducción al portugués.

refieren a los siguientes aspectos: definición de ciencia (10111), definición de tecnología (10211), concepto de investigación y desarrollo I+D (10311), relación entre ciencia y tecnología (10411), prioridad de la tecnología o la ciencia (10421), la ciencia como proceso (10113), influencia de la ciencia sobre la tecnología (10412), influencia de la tecnología sobre la ciencia (10413) y autonomía epistemológica de la tecnología respecto a la ciencia (10431). Las cinco primeras cuestiones se adaptaron a partir de las propuestas originalmente por Aikenhead, Ryan y Fleming (1989) en su *Views on Science, Technology and Society* (VOSTS), mientras que las restantes están adaptadas del *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* (TBA-STs) de Rubba y Harkness (1993). En el Cuadro 1 se muestra un ejemplo de estas cuestiones.

Cuadro 1
Ejemplo de una pregunta del COCTS

10431. Los tecnólogos tienen un cuerpo propio de conocimientos en el que se basan. Pocos desarrollos tecnológicos se han obtenido directamente de descubrimientos hechos en ciencia.

Seleccione la opción que satisface su opinión:

A. La tecnología avanza principalmente por sus propios medios. No necesita necesariamente de descubrimientos científicos.

B. La tecnología avanza confiando igualmente en ambos: los descubrimientos científicos y el cuerpo de conocimientos propio de la tecnología.

C. Ambos, científicos y tecnólogos dependen del mismo cuerpo de conocimientos, porque la ciencia y la tecnología son muy similares.

CADA aplicación tecnológica se basa en un descubrimiento científico:

D. Porque los descubrimientos científicos siempre encuentran alguna utilidad, bien para aplicaciones tecnológicas o para otros usos científicos.

E. Porque la ciencia suministra la información básica y las nuevas ideas a la tecnología.

F. No entiendo la cuestión.

G. No sé lo suficiente del tema para seleccionar una opción.

H. Ninguna de las opciones satisface básicamente mi opinión.

78

Todas las cuestiones tienen un formato similar de elección múltiple, iniciándose con un encabezamiento donde se plantea el problema sobre el que se desea conocer la opinión, seguido de una lista de frases alternativas, cada una de ellas identificada correlativamente con una letra, que ofrecen un amplio abanico de opiniones sobre el tema planteado. En algunos casos, cuando el listado es largo, las opciones se agrupan para facilitar su lectura, comprensión y elección, mediante la inclusión de alguna frase intermedia, que divide en grupos el conjunto de opciones; por ejemplo, las que están a favor y las que están en contra. Además, cada cuestión finaliza con tres opciones que son siempre las mismas, las cuales recogen diversas razones para no elegir: "No entiendo la cuestión", "No sé lo suficiente del tema para seleccionar una opción" y "Ninguna de las opciones satisface básicamente mi opinión".

El COCTS completo se presenta en seis cuadernillos diferentes, de modo que las nueve cuestiones planteadas estaban diseminadas en éstos y, por lo tanto, han sido respondidas por muestras de estudiantes diferentes, aunque equivalentes entre sí por el sistema de aplicación balanceada de los cuestionarios. El profesorado encuestado solamente contestó a dos de los cuadernillos, que incluían tres de las cuestiones citadas (10211, 10311 y 10431).

Muestra

La selección de la muestra de estudiantes se hizo por grupos-aula (muestreo por cuotas), al azar entre todos los niveles educativos, y representativa de la población de cada nivel mediante un muestreo estratificado con afijación aproximadamente proporcional. La muestra válida se constituyó con 4132 alumnos (error muestral del 4%, por exceso o defecto) de todas las modalidades del sistema educativo (universitarios, estudiantes de secundaria y formación profesional), que existían en el momento de la aplicación del COCTS en Mallorca. Para el 95%, las edades están comprendidas entre 14 y 27 años, con mayoría de mujeres (59%). La muestra total, equilibrada por género en cada grupo-aula y con grado de exposición a estudios de ciencias experimentales³ clasificado como bajo (68%), medio (25%) y alto (7%), se distribuye en torno a las 700 personas para cada uno de los seis cuadernillos que integran el cuestionario, aunque no siempre es la misma debido a la anulación de cuadernillos incompletos o contestados de manera deficiente.

La muestra de profesorado en ejercicio (error muestral del 4%, por exceso o defecto) se formó con 654 profesores (318 y 336 contestaron a cada uno de los dos cuadernillos) de primaria (46%), secundaria (44%) y universidad (10%), aleatoriamente distribuidos con antecedentes de baja (66%), media (11%) y alta (23%) exposición a estudios científicos. La muestra de futuros profesores en formación inicial (error muestral del 4%, por exceso o defecto) quedó constituida por 389 (189 y 200 respondieron a cada uno de los dos cuadernillos) estudiantes de diplomatura universitaria (41%), de licenciatura universitaria (31%) y titulados universitarios (28%), distribuidos al azar según sus antecedentes de baja (50%), media (30%) y alta (20%) exposición a estudios científicos, de forma semejante a como se ha hecho con la muestra de profesores en ejercicio (Vázquez y Manassero, 1997).

³ En la bibliografía se informa a menudo que las actitudes relacionadas con los temas científicos dependen de diversas variables, siendo una de las más frecuentes la cantidad de educación científica recibida, denominada aquí "grado de exposición a los estudios científicos" (Vázquez y Manassero, 1995, 1996). Esta variable puede hacerse operativa con una puntuación proporcional al número de materias científicas cursadas por cada estudiante o profesor a lo largo de su currículo hasta el momento de responder al cuestionario; puntuación que depende del nivel, curso y especialidad de los estudios que ha seguido. De esta forma, licenciados y estudiantes del último curso de ingenierías y ciencias experimentales tienen las puntuaciones más altas, mientras que el alumnado de secundaria obligatoria que todavía no ha elegido entre materias científicas y no científicas tiene la puntuación mínima. Con estas puntuaciones la muestra de personas puede dividirse en tres categorías con exposición baja, media y alta, respectivamente.

Procedimiento

Los datos se obtuvieron utilizando un modelo de respuesta única, seleccionando cada persona encuestada (estudiante o profesor) la opción que mejor se ajusta a su opinión entre todas las frases alternativas proporcionadas en cada una de las cuestiones de esta dimensión del COCTS (Vázquez y Manassero, 1998), clasificándose luego en las categorías “Adecuada”, “Plausible” e “Ingenua”,⁴ a las que se añadió la categoría “Otra” donde se incluyen las respuestas del tipo “No comprendo lo que se pregunta”, “No sé suficiente del tema como para elegir una opción”, etcétera. (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000).

Para todas las cuestiones, el procedimiento empleado ha consistido en trasladar el número de respuestas directas correspondientes a cada categoría, estableciendo así frecuencias de respuestas adecuadas, plausibles, ingenuas y otras. Después, se asignaron las siguientes puntuaciones a las categorías: Adecuada (3,5), Plausible (1) e Ingenua (0), de acuerdo con la pormenorizada explicación que Vázquez y Manassero (1999b) han dado de las ventajas de éstas respecto a las propuestas por Rubba, Schoneweg y Harkness (1996); además, a las respuestas clasificadas en Otra se les ha asignado la misma puntuación que a las ingenuas. De esta forma se puede calcular una puntuación media ponderada, que es un indicador cuantitativo de la adecuación relativa de las creencias sobre cada una de las cuestiones, de tal manera que cuanto mayor es el valor obtenido, las respuestas serán más apropiadas.

80

Resultados de la investigación

Alumnado

Para cada una de las nueve cuestiones, en la Tabla 1 se indican los porcentajes de las respuestas del alumnado respecto a cada categoría, incluyéndose también las puntuaciones medias.

⁴ La clasificación de todas las opciones posibles en estas tres categorías se hizo previamente a partir de la valoración realizada por un panel de once jueces expertos (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005), siguiendo un modelo de respuesta múltiple con el que valoraron sobre una escala de nueve puntos su grado de acuerdo con cada una de las opciones presentes en las cuestiones planteadas; modelo que es mucho más fino y potente que el de respuesta única, porque suministra la máxima información disponible en cada pregunta del COCTS y permite alcanzar mucho mayor grado de precisión en la evaluación de las actitudes y creencias CTS (Acevedo et al., 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004a; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005).

Tabla 1
Porcentajes de respuestas por categorías y puntuaciones del alumnado

Categorías de respuestas Cuestiones	% Adecuadas	% Plausibles	% Ingenuas	% Otras	Puntuaciones alumnado
10111	46,8	45,8	4,3	3,1	2,10
10113	39,7	41,5	15,0	3,8	1,80
10211	16,2	54,0	25,4	4,5	1,11
10311	18,3	52,9	26,5	2,3	1,17
10411	76,5	1,7	19,4	2,4	2,70
10412*	-	51,8	44,1	4,1	0,52
10413	69,6	9,2	16,7	4,5	2,53
10421	22,3	61,6	12,1	4,0	1,39
10431	40,9	22,4	28,8	7,9	1,66

(*) No hay opciones adecuadas en el COCTS

81

Las puntuaciones medias más altas se logran en las siguientes cuestiones:

- 10411: *Relación entre ciencia y tecnología* (2,70).

En esta cuestión se da por supuesto que hay una estrecha relación entre ciencia y tecnología y se intenta saber si es mayor la contribución de alguna de ellas sobre la otra. La opción adecuada que muestra una interacción entre ambas con un peso similar de cada una es elegida por mayoría absoluta (71%). La opción ingenua más escogida (11%) incide en la dependencia jerárquica de la tecnología respecto a la ciencia, que se considera la base de los avances tecnológicos. Cabe destacar que la opción que establece que la tecnología es muy parecida a la ciencia casi no recibe apoyo (2%); por lo tanto, los estudiantes diferencian entre ambas y no parecen asumir el concepto postmoderno de tecnociencia sugerido por muchos autores para describir la creciente imbricación entre ambas (Latour, 1987).

- 10413: *Influencia de la tecnología sobre la ciencia* (2,53).

Las dos frases preferidas son adecuadas. La primera (30%) afirma que los avances tecnológicos conducen a progresos científicos. La segunda (25%) que la tecnología suministra herramientas y técnicas a la ciencia. Otra opción adecuada, según la cual la disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica, es elegida por el 14%. Pese a que la cuestión no la promovía especialmente, la perspectiva ingenua de la tecnología como aplicación de la ciencia tiene una

incidencia del 15%. En suma, puede decirse que predomina el punto de vista global de que la tecnología influye en la ciencia ampliando de diversas maneras sus posibilidades de avance.

- 10111: *Definición de ciencia* (2,10).

Son mayoría las respuestas adecuadas y plausibles (algo menos de la mitad, respectivamente). La opción adecuada que considera a la ciencia como un cuerpo de conocimientos para explicar el mundo físico es la más escogida (34%). La siguiente es una frase plausible (17%), que contempla la ciencia como una forma de explorar y hacer descubrimientos del mundo y su funcionamiento; sin embargo, esta opción revela un punto de vista empirista y probablemente impregnado también de un cierto realismo ingenuo. Después viene otra clasificada como plausible (14%), que identifica la ciencia con sus diversas disciplinas: biología, química, geología, física. Con una frecuencia similar aparece una más adecuada (13%), que muestra la ciencia como un proceso sistemático de investigación y el conocimiento resultante. De manera global, la concepción de la ciencia que manifiestan los estudiantes se podría evaluar como relativamente apropiada, ya que éstos llegan a captar algunos de sus aspectos esenciales.

Las puntuaciones medias más bajas se obtienen en las cuestiones siguientes:

- 10412. *Influencia de la ciencia sobre la tecnología* (0,52).

La opción más escogida (32%) sostiene que el avance de la ciencia conduce a nuevas tecnologías, que se complementa con la que afirma que la ciencia es el conocimiento básico para la tecnología (13%). Otras preferencias muestran la extendida imagen de la tecnología como ciencia aplicada (21%) o como la aplicación de la ciencia para mejorar la vida (22%). En resumen, de un modo u otro, la gran mayoría de los estudiantes creen que la tecnología se subordina jerárquicamente a la ciencia o que es sinónima de ciencia aplicada.

- 10211. *Definición de tecnología* (1,11).

La opción preferida (25%) confunde la tecnología con la aplicación de la ciencia; un punto de vista sesgado que está muy arraigado en los ambientes académicos y aflora también, a veces con más intensidad, en otras cuestiones sobre las relaciones entre ciencia y tecnología (10411, 10412 y 10413). Algo más plausible, pero también restringida, es otra frase elegida con una frecuencia similar a la anterior (24%), que identifica la tecnología con sus productos; es decir, la creencia en la popular imagen instrumental o artefactual de la tecnología que procede de la ingeniería. La tercera opción escogida (16%) es la más adecuada e incluye, además de diseñar y saber hacer cosas (*know-how*), aspectos organizativos y económicos, así como a los consumidores. Tampoco en esta cuestión recibe apoyo alguno la opción que afirma que la tecnología es muy parecida a la ciencia. En resumen, puede afirmarse que la concepción de tecnología que tienen los estudiantes es bastante más ingenua que la de ciencia.

- 10311. *Concepto de investigación y desarrollo I+D* (1,17).

El concepto de I+D es fundamental para la comprensión de la tecnociencia

contemporánea. El 37% del alumnado opta por un significado ambivalente de I+D, que a la vez puede beneficiar y perjudicar a la humanidad; una respuesta clasificada como plausible que revela una actitud preventiva ante I+D. Las dos siguientes frases más elegidas no suman juntas la frecuencia anterior. Una es adecuada (18%) y considera I+D como una combinación de ciencia y tecnología en colaboración para su mejora mutua. La otra es ingenua (15%), ya que en la misma subyace la visión de la tecnología (desarrollo) determinada por la ciencia (investigación).

Como han mostrado Manassero y Vázquez (2002) en un estudio donde se hace una detallada descripción de las respuestas de los estudiantes a todas estas cuestiones, el grado de exposición a los estudios científicos -esto es, la cantidad de materias científicas cursadas- marca diferencias significativas en casi todas las cuestiones, no sucediendo lo mismo con el género del alumnado cuando se controla la variable anterior. Como ejemplos ilustrativos, cabe destacar que el grupo de alta exposición a los estudios científicos tiende a dar más status a la ciencia que a la tecnología y también muestra menos preferencia por el punto de vista ambivalente y preventivo de I+D; esto es, tiene menos sensibilidad ante los riesgos de la ciencia y tecnología o mayor confianza en su seguridad.

Profesorado

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de respuestas del profesorado (en ejercicio y en formación inicial) clasificadas para cada una de las tres cuestiones, acompañados de las correspondientes puntuaciones medias. La tendencia general es que los futuros profesores puntúan un poco más alto que los profesores en ejercicio, pero la diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,01$) solamente en la cuestión que plantea la definición de tecnología (Acevedo et al., 2002).

83

Tabla 2
Porcentajes de respuestas por categorías y puntuaciones del profesorado en ejercicio (Eje) y en formación inicial (For)

Categorías de respuestas Cuestiones	% Adecuadas		% Plausibles		% Ingenuas		% Otras		Puntuaciones profesorado	
	Eje	For	Eje	For	Eje	For	Eje	For	Eje	For
10211*	9,5	16,5	42,9	44,5	45,7	37,0	1,9	2,0	0,76	1,02
10311	25,9	21,0	37,5	50,0	34,8	22,5	1,8	1,5	1,28	1,29
10431	47,3	51,5	31,5	20,0	29,0	27,0	2,2	1,5	1,87	2,00

(*) La diferencia entre las puntuaciones es estadísticamente significativa ($p < 0,01$)

Los principales resultados en las tres preguntas, con la expresión entre paréntesis de las puntuaciones del profesorado en ejercicio y en formación inicial, en ese orden, son los siguientes:

- 10211. *Definición de tecnología* (respectivamente 0,76 y 1,02).

La creencia más frecuente es la de tecnología como aplicación de la ciencia, escogida por el 46% del profesorado en ejercicio y el 37% en formación inicial. La siguiente en importancia (22% y 24%, respectivamente) identifica la tecnología con sus productos; esto es, la correspondiente a su imagen instrumental o artefactual. Por último, más profesores en formación inicial (17%) que en ejercicio (10%) eligen la opción que define de manera más completa y adecuada la tecnología, incluyendo en ella diseño, saber hacer cosas (*know-how*), aspectos organizativos, económicos y consumidores. Los perfiles de respuestas guardan semejanza cualitativa con el del alumnado, pero cuantitativamente el profesorado, sobre todo en ejercicio, muestra mucho más la visión ingenua de la tecnología como ciencia aplicada.

- 10311. *Concepto de investigación y desarrollo I+D* (respectivamente 1,28 y 1,29).

Aunque cuantitativamente el profesorado en ejercicio y en formación inicial puntúan un poco más alto que el alumnado, cualitativamente las creencias sobre I+D son muy parecidas, puesto que las tres opciones más elegidas son las mismas. Relativamente, no son muchos los profesores en ejercicio (26%) y en formación inicial (22%) que muestran la idea más adecuada de I+D como cooperación entre ciencia y tecnología para su mejora mutua. Estos porcentajes son más altos que el de los alumnos, pero también lo son los del profesorado en ejercicio (24%) y en formación inicial (17%) que escogen una respuesta ingenua en la que subyace la visión de la tecnología (desarrollo) determinada por la ciencia (investigación). La percepción del carácter ambivalente del progreso científico y tecnológico (beneficios, pero también riesgos y perjuicios) es mayor en el profesorado en formación inicial (34%) que en ejercicio (24%). Cabe destacar también que la distribución de frecuencias porcentuales de las respuestas más elegidas por el profesorado en formación inicial es aproximadamente intermedia entre la del alumnado y el profesorado en ejercicio.

- 10431. *Autonomía epistemológica de la tecnología respecto a la ciencia* (respectivamente 1,87 y 2,00).

De las tres cuestiones planteadas, es en ésta donde el profesorado en ejercicio y en formación inicial obtiene sus puntuaciones más altas. Alrededor de la mitad de cada grupo (47% y 52%, respectivamente) considera adecuadamente que la tecnología tiene un cuerpo de conocimientos propio, aunque su avance también dependa de las aportaciones de la ciencia. Sin embargo, también es importante el porcentaje de respuestas ingenuas derivadas de una visión de la tecnología dirigida por la ciencia (una aplicación de la ciencia) que mantienen tanto el profesorado en ejercicio (29%) como en formación inicial (27%). Aunque la puntuación de los alumnos es más baja que la de cualquiera los dos grupos de profesores, sus perfiles cualitativos de respuestas a esta cuestión son parecidos una vez más.

Discusión

Puede afirmarse que, en general, los perfiles cualitativos de las creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia correspondientes al alumnado y al profesorado en ejercicio y en formación inicial son semejantes e incluyen creencias poco apropiadas. No obstante, cuantitativamente hay dos diferencias estadísticamente significativas entre sus puntuaciones, que son respectivamente favorables al alumnado en la cuestión 10211 y al profesorado en la 10431 (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002b). Asimismo, otros estudios han mostrado que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones del profesorado de primaria, secundaria y universidad (Acevedo et al., 2002) y que tampoco son importantes respecto al grado de exposición a estudios científicos o en función del género (Manassero y Vázquez, 2002).

Estos resultados deben interpretarse teniendo en cuenta que las interacciones entre la ciencia y la tecnología no se incluyen explícitamente en el currículo de ciencias español, no habiéndose contemplado de manera suficiente en los planes de estudio del pasado ni tampoco en los vigentes. La mayoría de las veces estas creencias se han conformado con poco rigor mediante un currículo que no se planifica y está oculto (creencias del profesor transmitidas implícitamente en las actividades de aula y laboratorio, promovidas por los libros de texto y demás materiales curriculares, etc.) y, quizás aún más, por la influencia de la educación informal que proporcionan muchos y diferentes medios de comunicación de masas: revistas, libros, películas, exposiciones y museos de ciencia y tecnología, etcétera. Tal puede ser el caso, por ejemplo, del punto de vista que considera la tecnología como ciencia aplicada; una creencia que está presente en muchos ámbitos académicos, escolares y sociales, cuya frecuencia e intensidad se ha visto plenamente confirmada también cuando se aplica el COCTS utilizando un modelo más completo de respuesta múltiple (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005 en prensa).

85

Un aspecto no abordado en este artículo, pero que es necesario comentar brevemente, es que las comparaciones entre diversos estudios descriptivos realizados en varios países muestran coincidencias y diferencias cuantitativas en las respuestas a estas cuestiones. Por ejemplo, aunque aparece en todos los casos, la creencia de que la tecnología es ciencia aplicada es más frecuente en el profesorado y alumnado canadienses que en los españoles e israelíes (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002b). Las divergencias se han interpretado basándose en que los currículos escolares son distintos (Manassero y Vázquez, 2002) y, también, en que las creencias sobre estas cuestiones suelen depender de valores y normas sociales, culturales y políticos, que en muchos casos tienen un marcado carácter local, regional o nacional (Acevedo, 1995, 1996, 2001; Acevedo et al., 2003). Por lo tanto, este rasgo idiosincrásico debe tenerse en cuenta para situar en su justa medida los resultados expuestos. Asimismo, la importancia de tales diferencias interculturales podrían servir de estímulo a los investigadores iberoamericanos para planificar y realizar sus propias evaluaciones con instrumentos desarrollados empíricamente,

como el COCTS y el VOSTS, aunque adaptados a las características particulares de su nación, país o región.

Implicaciones para el profesorado

A la vista de los resultados obtenidos, puesto que cuando algo no se comprende bien del todo o no se valora demasiado se tiende a excluirlo, es de esperar que el profesorado de ciencias ignore en la planificación docente aspectos como el papel de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, o no las contemple en el aula como se merecen ni de forma adecuada. Se entra así en un círculo vicioso, cuya consecuencia es la que se ha mostrado en este trabajo; esto es, cualitativamente, las creencias del profesorado sobre las cuestiones planteadas no difieren mucho de las del alumnado, porque ni unos ni otros han tenido suficientes oportunidades para reflexionar sobre ellas y analizarlas con cierto detalle en la enseñanza de las ciencias que han recibido, habiendo quedado sus percepciones y la formación de estas creencias al margen del currículo explícito.

Estas mismas carencias se extienden también a la formación del profesorado que se promueve institucionalmente, pues no suele prepararse a éste en los aspectos que no están sustentados por los contenidos vigentes. Ahora bien, su formación específica en estas cuestiones es clave para poder contribuir desde la enseñanza de las ciencias a la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas, vayan o no a ser científicos e ingenieros en el futuro, con el propósito de proporcionarles una ciencia escolar más relevante para la vida cotidiana -privada, pública o profesional- y para la participación activa y democrática en la sociedad civil (Acevedo, 2004; Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Acevedo et al., 2004, 2005 -ambas-, 2005 en prensa; Désautels y Larochelle, 2003; Martín-Gordillo, 2003, 2005; Martín-Gordillo y Osorio, 2003); una relevancia y funcionalidad que no son precisamente los rasgos más característicos de la enseñanza de las ciencias habitual, que suelen estar condicionados sobre todo por una orientación propedéutica (Acevedo, 2004; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2002; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005a). Es ésta una demanda avalada por las reformas de la enseñanza de las ciencias emprendidas en países como, por ejemplo, los EE.UU. (AAAS, 1989, 1993; ITEA, 2000; NRC, 1996) y las recomendaciones de instituciones con prestigio internacional (OEI, 2001; UNESCO, 1994; UNESCO-ICSU, 1999a, 1999b).

La situación puesta en evidencia en este estudio sólo podrá empezarse a superar mediante una formación inicial y permanente del profesorado que preste atención a estas cuestiones y esté explícitamente planteada para afrontar su enseñanza; es decir, una enseñanza cuidadosamente planificada, con contenidos que se desarrollen en actividades variadas y con una evaluación de los procesos llevados a cabo y los resultados conseguidos. Pero esta formación no debería caer en el adoctrinamiento; esto es, buscar la adhesión hacia una posición particular (por ejemplo, la de los propios formadores o la de una escuela epistemológica particular). Se trataría más bien de mostrar al profesorado diversas perspectivas e interesarle

por las diferentes formas que hay de concebir la ciencia y la tecnología para llegar a comprenderlas mejor, valorarlas críticamente y, sobre todo, adquirir la idea clave de que, como ocurre en la propia ciencia, tampoco aquí son inmutables los conceptos puestos en juego (Acevedo, 2000; Acevedo y Acevedo, 2002). Para intentar alcanzar este metaconocimiento es imprescindible facilitar a los profesores suficientes oportunidades para reflexionar sobre estas cuestiones, ya que una formación exclusivamente implícita no les va a permitir alcanzarlo plenamente.

Como se ha señalado en otros trabajos, es necesario recordar que las orientaciones del movimiento CTS de la enseñanza de las ciencias proporcionan un marco educativo adecuado para la consecución de estos objetivos (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002a, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005a). Por ejemplo, en relación con esta propuesta y respecto a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, cabe destacar que Matkins et al. (2002) han mostrado recientemente resultados muy prometedores con profesores de educación primaria en formación inicial, los cuales mejoran notablemente su comprensión sobre la naturaleza de la ciencia cuando ésta se enseña explícitamente con actividades contextualizadas mediante *science & technology - based issues*, tal y como recomiendan diversos autores (Spector, Strong y Laporta, 1998). De esta forma, se combinan en la práctica los dos enfoques CTS señalados en un trabajo pionero por Rosenthal (1989);⁵ el primero del tipo IOS (Issue-Oriented-Science), centrado en el análisis de cuestiones científicas y tecnológicas que afectan de manera relevante a la sociedad, y el segundo basado en los aspectos sociales y culturales de la ciencia y la tecnología, que es necesario para lograr una buena comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología.

87

Aún hay otra consecuencia muy grave de la falta de atención a estos asuntos en la formación universitaria de los estudios de ciencias y en la formación inicial del profesorado. En muchos casos, la carencia señalada puede llegar a suponer desinterés y hasta rechazo posterior de los contenidos relacionados con esta temática, tal y como se ha informado en un estudio hecho con profesores tutores de prácticas del CAP de la Universidad de Murcia para el caso de la naturaleza de la ciencia (De Pro, 1995). 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 (Schwartz y Lederman, 2002).

⁵ Véanse al respecto una propuesta para tomar en consideración ambos enfoques en la educación CTS (Acevedo, 1997a) y un análisis crítico de éstos en relación con los proyectos y materiales CTS para la enseñanza de las ciencias (Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002a; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

Bibliografía

AAAS (1989): *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

AAAS (1993): *Benchmarks for Science Literacy: A project 2061 report*. New York: Oxford University Press.

ABD-EL-KHALICK, F. y BOUJAOUDE, S. (1997): "An Exploratory Study of the Knowledge Base for Science Teaching", *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699.

ABD-EL-KHALICK F. y LEDERMAN, N.G., (2000): "Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature", *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.

ACEVEDO, J.A. (en prensa): "Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

_____, 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, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>

_____, J.A. (2001): "Una breve revisión de las creencias CTS de los estudiantes". Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm>.

_____, J.A. (2000): "Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial". *Bordón*, 52(1), 5-16. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo18.htm>.

_____, J.A. (1998a): "Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología", *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 409-420. Disponible en: <http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521v16n3p409.pdf>.

_____, J.A. (1998b): "Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología", en E. Banet y A. de Pro (eds.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. I, pp. 7-16. Murcia: DM. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo12.htm>.

_____, J.A. (1997a): "La educación CTS en el Bachillerato LOGSE: la materia optativa 'Ciencia, Técnica y Sociedad' en Andalucía", en R. Jiménez y A. Wamba (Eds.) *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 333-339. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. Versión titulada "La asignatura 'Ciencia, Técnica y Sociedad' en la Comunidad Autónoma de Andalucía", disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo7.htm>.

_____, J.A. (1997b): "¿Publicar o patentar? Hacia una ciencia cada vez más ligada a la tecnología", *Revista Española de Física*, 11(2), 8-11. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo4.htm>.

_____, J.A. (1996): "La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema", *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.

_____, J.A. (1995): "Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema", *Alambique*, 3, 75-84. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo5.htm>.

_____, J.A. (1994): "Los futuros profesores de Enseñanza Secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias", *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, 111-125. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo8.htm>.

_____, J.A. (1992): "Cuestiones de sociología y epistemología de la ciencia. La opinión de los estudiantes", *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 6, 167-182.

ACEVEDO, J.A. y ACEVEDO, P. (2002): "Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria", *Revista Iberoamericana de Educación*. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/244Acevedo.PDF>.

89

ACEVEDO, J.A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M.A., OLIVA, J.M., PAIXÃO, M.F. y VÁZQUEZ, A. (2004): "Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias, práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas", en I.P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (org.) *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*, pp. 23-30. Aveiro, Universidade de Aveiro, pp. 23-30. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo21.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*. Disponible en: <http://www.campus-oei.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): Editorial del monográfico "Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, P. y MANASSERO, M.A. (2002): "Un estudio sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria

y universidad”, *Tarbiya*, 30, 5-27. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo15.htm>.

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2002a): “El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias”. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>.

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2002b): “Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores”, *Revista de Educación*, 328, 355-382. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo14.htm>.

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). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2002): “Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

90

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). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2005, en prensa): “Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia”, *Educación Química*, 16(3).

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN-GORDILLO, M., OLIVA, J.M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, M.F. y MANASSERO, M.A. (2005): “Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140. Disponible en: <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., OLIVA, J.M., PAIXÃO, M.F., ACEVEDO, P. y MANASSERO, M.A. (2005): “Comprensión de la naturaleza de la ciencia y decisiones tecnocientíficas”, *VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: Educación científica para la ciudadanía*, Granada, 7 al 10 de septiembre.

ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., PAIXÃO, M.F., ACEVEDO, P., OLIVA, J.M. y MANASSERO, M.A. (2005, en prensa): “Mitos da didáctica das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências”, *Ciência & Educação*, 11(1).

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. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo19.htm>.

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001): *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*, Tesis doctoral, Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona, España.

AIKENHEAD, G.S. (1988): "An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics", *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607-629.

AIKENHEAD, G.S., RYAN, A.G. y FLEMING, R.W. (1989): *Views on science-technology-society* (form CDN. mc. 5). Saskatoon (Canadá): Department of Curriculum Studies, College of Education, University of Saskatchewan. Disponible en: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts.pdf>.

ALTERS, B.J. (1997a): "Nature of Science: A Diversity or Uniformity of Ideas?", *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1105-1108.

ALTERS, B.J. (1997b): "Whose Nature of Science?", *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.

BELL, R.L. y LEDERMAN, N.G. (2003): "Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues", *Science Education*, 87(3), 352-377.

91

BELL, R.L., LEDERMAN, N.G., ABD-EL-KHALICK, F., McCOMAS, W.F. y MATTHEWS, M.R. (2001): "The Nature of Science and the Science Education: A Bibliography", *Science & Education*, 10(1-2), 187-204.

CAJAS, F. (2001): "The Science/Technology Interaction: Implications for Science Literacy", *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 715-729.

DEPARTMENT FOR EDUCATION AND EMPLOYMENT (1999): *Science in the National Curriculum*, London, HMSO.

DE PRO, A. (1995): "¿Formación de profesor de Secundaria vs. profesor-tutor de prácticas de Secundaria?", en L. Blanco y V. Mellado (eds.) *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal*, pp. 375-397, Badajoz, Diputación Provincial.

DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (2003): "Educación científica: el regreso del ciudadano y de la ciudadana", *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 3-20.

DE VRIES, M.J. (1996): "Technology Education: Beyond the 'Technology is Applied Science' Paradigm", *Journal of Technology Education*, 8(1), 7-15.

DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. y SCOTT, P. (1996): *Young People's Images of Science*, Buckingham, UK, Open University Press.

ECHEVERRÍA, J. (2003): *La revolución tecnocientífica*, Madrid, Fondo de Cultura Económica.

EFLIN, J.T., GLENNAN, S. y REISCH, R. (1999): "The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science", *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107-116.

FELSKE, D.D., CHIAPPETTA, E. y KEMPER, J. (2001): "A Historical Examination of the Nature of Science and its Consensus in Benchmarks and Standards", *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. St. Louis, MO.

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. (2000): *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica. Una propuesta de transformación*. Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Valencia, España.

92 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). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005): "¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos?", en D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martínez-Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés y A. Vilches (Eds.): *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*, pp. 29-62. Santiago, Chile, OREALC/UNESCO.

GARDNER, P.L. (1997): "The roots of technology and science: a philosophical and historical view", *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 13-20.

_____, P. L. (1995): "The relationship between technology and science: Some historical and philosophical reflections", Part 2. *International Journal of Technology and Design Education* 5(1), 1-33.

_____, P.L. (1994a): "Representations of the relationship between science and technology in the curriculum", *Studies in Science Education*, 24, 1-28.

_____, P.L. (1994b): "The relationship between technology and science: Some historical and philosophical reflections", Part 1. *International Journal of Technology and Design Education*, 4(2), 123-154.

_____, P.L. (1990): "The technology-science relationship: Some curriculum implications", *Research in Science Education*, 20, 124-133.

GILBERT, J.K. (1995): "Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo", *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24.

_____, J.K. (1992): "The interface between science education and technology education", *International Journal of Science Education*, 14(5), 563-578.

HACKING, I. (1983): *Representing and Intervening*, Cambridge, MA, Cambridge University Press.

ITEA(2000): *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: International Technology Education Association. Disponible en: <http://www.iteawww.org/TAA/PDFs/xstnd.pdf>.

KLINE, S.J. (1985): "What is technology?", *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 5(3), 215-218.

LATOUR, B. (1987): *Science in Action. How to follow scientists and engineers through society*, Milton Keynes, Open University Press.

93

LEDERMAN, N.G. (1992): "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research", *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

LEDERMAN, N.G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.F., SCHWARTZ, R.F. y AKERSON, V.L. (2001): "Assessing the Un-assessable: Views of Nature of Science Questionnaire", *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, St. Louis, MO.

LEDERMAN, N.G., ABD-EL-KHALICK F., BELL, R.L. y SCHWARTZ, R.S. (2002): "Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science", *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 551-581.

LEDERMAN, N.G., SCHWARTZ, R.F., ABD-EL-KHALICK, F. y BELL, R.F. (2001): "Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: An intervention stud", *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1(2), 135-160.

MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J.A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A.M.P., DEL CARMEN, L., 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, 129-155. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a05.PDF>.

MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (2000): "Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia", *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37, 187-208.

MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (2002): "Las concepciones de estudiantes y profesores de ciencia, tecnología y su relación: Consecuencias para la educación", *Revista de Ciencias de la Educación*, 191, 315-343.

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. (2002): "Opiniones de los jóvenes sobre la influencia de la ciencia en la cultura", *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 16, 33-55. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo17.htm>.

94 MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2003): *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*, Princeton, NJ, Educational Testing Service. Disponible 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. Janiuk 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), XIth Symposium Proceeding, pp. 167-168, Lublin, Poland, Marie Curie-Sklodowska University Press.

MARTÍN-GORDILLO, M. (2005): "Las decisiones científicas y la participación ciudadana. Un caso CTS sobre investigación biomédica", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 38-55. Disponible en: <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

_____, M. (2003): "Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

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. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a01.PDF>.

MARTÍN-GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2003): "Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica", *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 165-210. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.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). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

MATKINS, J.J., BELL, R., IRVING, K. y McNALL, R. (2002): "Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science", en P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (eds.) *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, pp. 456-481, Pensacola, FL: AETS. Disponible en: http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/2002aets/f2_matkins_bell_irving_m.rtf.

MATTHEWS, M.R. (1998a): "In Defense of Modest Goals When Teaching about the Nature of Science", *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 161-174.

_____, M.R. (1998b): "The Nature of Science and Science Teaching", en B.J. Fraser y K.G. Tobin (eds.) *International Handbook of Science Education*, pp. 981-999, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

McCOMAS W.F., CLOUGH, M.P. y ALMAZROA, H. (1998): "The Role And Character of The Nature of Science in Science Education", en W.F. McComas (ed.) *The Nature Of Science In Science Education. Rationales and Strategies*, pp. 3-39, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

MCCOMAS, W.F. y OLSON, J.K. (1998): "The nature of science in international science education standards documents", en W.F. McComas (ed.) *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, pp. 41-52, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

MELLADO, V. (1997): "Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science", *Science & Education*, 6(4), 331-354.

_____, V. (1996): "Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria", *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.

MILLAR, R. y OSBORNE, J., [eds] (1998): *Beyond 2000. Science education for the future*, London, King's College.

MOSS, D.M., ABRAMS, E.D. y ROBB, J. (2001): "Examining student conceptions of the nature of science", *International Journal of Science Education*, 23(8), 771-790.

NIINILUOTO, I. (1997): "Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad?", *Arbor*, 620, 285-299.

NRC (1996): *National Science Education Standards*, Washington DC, National Academic Press.

NSTA (1993): *Scope, sequence, and coordination of secondary school science: The content core*. Washington DC, National Science Teachers Association.

_____ (1991): *Science/Technology/Society: A new effort for providing appropriate science for all*. Washington DC, National Science Teachers Association.

OEI (2001): *Memoria de la programación 1999-2000*, pp. 121-134, Madrid, Organización de Estados Iberoamericanos. Disponible en: <http://www.oei.es>.

OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R. y DUSCHL, R. (2003): "What 'Ideas-about-Science' Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community", *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.

OSBORNE, J., RATCLIFFE, M., COLLINS, S., MILLAR, R. y DUSCHL, R. (2001): "What should we teach about science: A Delphi Study", *Evidence-based Practice in Science Education (EPSE) Report*, School of Education, King's College, London. Disponible en: <http://www.york.ac.uk/depts/educ/projs/DelphiReport>.

PACEY, A. (1999): *Meaning in Technology*, Cambridge MA, MIT Press.

PACEY, A. (1983): *The Culture of Technology*, Cambridge MA, MIT Press.

POMEROY, D. (1993): "Implications of teachers'beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientist, secondary science teachers and elementary teachers", *Science Education*, 77(3), 261-278.

REID, D.J. y HODSON, D. (1989): *Science for all*, London, Cassell. Traducción española de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993): *Ciencia para todos en Secundaria*, Madrid, Narcea.

ROSENTHAL, D.B. (1989): "Two approaches to Science-Technology-Society (S-T-S) Education", *Science Education*, 73(5), 581-589.

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.

RUBBA, P.A., SCHONEWEG, C.S. y HARKNESS, W.J. (1996): "A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument", *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400.

RYAN, A.G. y AIKENHEAD, G.S. (1992): "Students' preconceptions about the epistemology of Science", *Science Education*, 76(6), 559-580.

SCHWARTZ, R.S. y LEDERMAN, N.G. (2002): "It's the nature of the beast': The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science", *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.

SANTOS, M.E. (1999): *Desafios pedagógicos para o século XXI. Suas raízes em forças de mudança de natureza científica, tecnológica e social*, Lisboa, Livros Horizonte.

SEROGLOU, F. y KOUMARAS, P. (2001): "The contribution of the history of physics in physics education", *Science & Education*, 10(1-2), 153-172.

SOLBES, J. (2003): "Las complejas relaciones entre ciencia y tecnología", *Alambique*, 38, 8-20.

SOLOMON, J. (1991): "Teaching about the nature of science in the British National Curriculum", *Science Education*, 75(1), 95-104.

SPECTOR, B., STRONG, P. y LAPORTA, T. (1998): "Teaching the nature of science as an element of science, technology and society", en W.F. McComas. (ed) *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, pp. 267-276, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

UNESCO (1994): "Science and Technology 2000+ Education for all", *The Project 2000+ Declaration*, París, UNESCO.

UNESCO-ICSU (1999a): "Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico", *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*, Budapest (Hungría), 26 junio - 1 julio. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>.

_____ (1999b): "Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción", *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*, Budapest (Hungría), 26 junio - 1 julio. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestmarco.htm>.

VALDÉS, P., VALDÉS, R., GUIASOLA, J. y SANTOS, T. (2002): "Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica", *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 101-128. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a04.PDF>.

VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MANASSERO, M.A. (2005a): "Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

_____, A.; _____, J.A. y _____, M.A. (2005b): "The dark side of the nature of science: empirical consensus about naïve ideas on science", *5th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*, Barcelona, España, agosto-septiembre.

_____, A.; _____, J.A. y _____, M.A. (2004): "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza", *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica De los Lectores. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.

_____, A.; _____, J.A. y _____, 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 ciências experimentais*, pp. 219-230, Aveiro, Universidade de Aveiro. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>.

98 VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2005): "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias", *VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: Educación científica para la ciudadanía*, Granada, septiembre.

_____, A., _____, J.A., _____, M.A. y _____, 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 Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*, pp. 129-132, Aveiro, Portugal, Universidade de Aveiro.

_____, A., _____, J.A., _____, M.A. y _____, P. (2001): "Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia", *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm>.

VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1999a): "Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes", *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 377-395.

_____, A. y _____, M.A. (1999b): "Response and scoring models for the 'Views on Science-Technology-Society' Instrument", *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.

_____, A. y _____, M.A. (1998): *Actituds de l'alumnat relacionades amb la ciència, la tecnologia y la societat*, Palma de Mallorca, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.

_____, A. y _____, M.A. (1997): "Actitudes y valores relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad en alumnado y profesorado. Implicaciones para la educación de las actitudes", *Memoria de investigación*, Madrid, MEC.

_____, A. y _____, M.A. (1996): "Factores determinantes de las actitudes relacionadas con la ciencia", *Revista Española de Pedagogía*, 203, 43-78.

_____, A. y _____, M.A. (1995): "Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual", *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 337-346.

VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, J.A. (2005): "Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: escalamiento de ítems", *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(1). Disponible en: <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>.

ZIMAN, J. (1976): *The force of knowledge. The scientific dimension of society*, Cambridge, Cambridge University Press. Traducción de I. Cabrera (1980): *La fuerza del conocimiento. La dimensión científica de la sociedad*, Madrid, Alianza.