



EVALUACIÓN DE ACTITUDES Y CREENCIAS CTS: DIFERENCIAS ENTRE ALUMNOS Y PROFESORES

JOSÉ ANTONIO ACEVEDO DÍAZ (*), ÁNGEL VÁZQUEZ ALONSO (**)
MARÍA ANTONIA MANASSERO MAS (**)

RESUMEN. Los contenidos de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) se consideran, cada vez más, un indicador relevante de innovación en la enseñanza de las ciencias para todos y un valioso instrumento para facilitar al alumnado una auténtica alfabetización científica. Sin embargo, hoy en día, enseñar estos contenidos no resulta fácil a causa de la falta de preparación del profesorado en estos temas y la ausencia de materiales adecuados para llevar a cabo este tipo de enseñanza; de ahí que estudiar las actitudes y creencias del profesorado sea un aspecto clave para enfocar el problema. Este estudio compara las actitudes y creencias del profesorado sobre los temas CTS con las del alumnado, y juzga la calidad de sus respuestas a una selección de 35 preguntas del Cuestionario de Opiniones sobre CTS, para lo cual recientemente se han aplicado algunas mejoras en la estratificación de las cuestiones CTS. De manera general, las actitudes y creencias del profesorado son poco satisfactorias, aunque son algo mejores que las de los estudiantes, e, incluso, estos aventajan a los profesores en algunos temas específicos.

ABSTRACT. Science, technology, and society contents (CTS) are increasingly considered a relevant sign of innovation in the teaching of sciences for all, and also a valuable instrument to provide pupils with an authentic scientific literacy. However, it is not easy to teach those contents nowadays because of teaching staff's lack of training regarding such subjects and the lack of adequate materials to carry out this type of education. That's why we consider the study of teaching staff's attitudes and beliefs as a key aspect to approach the problem. This study compares professors and pupils' attitudes and beliefs on CTS and judges the quality of their answers to 35 questions selected from an Opinion Question Paper on CTS. In general, teaching staff's attitudes and beliefs are rather unsatisfactory because these are not much better than students's and the last are even ahead of professors in some specific topics.

INTRODUCCIÓN

El núcleo central del enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias es hacer explícitas las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. A clarificar estas relaciones han contribuido en gran medida la filosofía de la ciencia, la más reciente filosofía de la tecnología, la historia de la ciencia y la tecnología,

y los estudios sociales de la ciencia y la tecnología —desarrollados sobre todo a partir de los años setenta (Acevedo, 1997; Bernal, 1964; Bijker, Hughes y Pinch, 1987; Bunge, 1999; Echeverría, 1999; Cardwell, 1994; Iranzo y Blanco, 1999; González-García, López-Cerezo y Luján, 1996; Iranzo *et al.*, 1995; Kranzberg, 1990; Lamo, González y Torres, 1994; Matthews, 1994; Mitcham, 1989; Smith

(*) Inspección de Educación, Junta de Andalucía

(**) Universidad de las Islas Baleares.

y Marx, 1994; Solís, 1998; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001).

La mayoría de las investigaciones didácticas dirigidas a explorar las actitudes y creencias CTS se han centrado en el diagnóstico del alumnado y sólo a partir de la última década la atención se ha dirigido también hacia el profesorado (Lederman 1992), ya que es obvio que éste no puede enseñar lo que desconoce y, además, hay que tener en cuenta la hipotética influencia que pudieran tener sus creencias y actitudes CTS en su manera de enseñar y, por tanto, también en los estudiantes. En efecto, algunas de las primeras investigaciones han mostrado que la eficacia de la puesta en práctica de los programas CTS depende mucho del profesorado, y como consecuencia directa de esto ha aumentado el interés por conocer sus actitudes y creencias CTS, puesto que, después de todo, si la enseñanza se contempla como un acto consciente y con una finalidad planificada, el profesorado tendría que tener un conocimiento adecuado de lo que pretende transmitir a sus alumnos.

Las preguntas del *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (COCTS) constituyen un poderoso inventario de un centenar de cuestiones CTS susceptibles de ser planteadas como contenidos educativos en el aula y como objeto de investigaciones sobre las actitudes de los estudiantes y el profesorado respecto a la ciencia (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez y Manassero, 1998, 1999). Para tratar de responder a la pregunta *¿son semejantes o diferentes las actitudes y creencias CTS del profesorado y el alumnado?*, en este trabajo –para el que se utiliza una selección de 35 cuestiones del COCTS– se expone un análisis comparativo de la calidad de las respuestas del profesorado y el alumnado.

ANTECEDENTES

Como antecedentes de este estudio, se han elegido tres investigaciones, desarrolladas en Canadá, Israel y España en los primeros años de la década de los noventa, e infor-

madas con suficiente documentación. De éstas pueden extraerse algunas conclusiones de interés respecto a las actitudes y creencias CTS del profesorado y el alumnado.

En la zona angloparlante de Canadá (Columbia Británica) (Zoller et al., 1990, 1991a, 1991b) se realizó un extenso estudio comparativo de los perfiles CTS del profesorado y los estudiantes de la región. Se utilizaron seis preguntas del cuestionario VOSTS (*Views on Science, Technology and Society*) –desarrollado empíricamente por Aikenhead, Ryan y Fleming (1989)–, y los resultados obtenidos muestran que hay diferencias significativas entre estudiantes y profesores en cuatro de las seis cuestiones planteadas. Así, por ejemplo, (tabla I):

- Los alumnos tienden más que los profesores a estar de acuerdo en que sean los técnicos los que tomen decisiones sobre temas científicos y tecnológicos que afectan a la sociedad. En cambio, estos prefieren con más frecuencia que los alumnos las opciones de defienden que las decisiones sean tomadas por los técnicos y los ciudadanos, o bien sólo por los ciudadanos.
- Los estudiantes también piensan con más frecuencia que sus profesores que los científicos son los únicos responsables de los efectos negativos de sus descubrimientos. Por el contrario, el profesorado es más proclive a creer que la responsabilidad debe ser compartida entre los científicos y la sociedad.
- Los profesores se inclinan más que los alumnos a considerar que la tecnología es ciencia aplicada. Sin embargo, éstos últimos tienden más que el profesorado a identificar la tecnología con los productos de la técnica o con una forma de resolver problemas prácticos.
- El alumnado tiende más que el profesorado a opinar que los científicos discrepan sólo por motivos científicos. Los profesores, en cambio, creen más a menudo que los estudiantes que lo hacen por una combinación de motivos científicos y personales.

- En general, se mantiene con relativa frecuencia (algo más en el alumnado) el mito según el cual los científicos son personas completamente objetivas, imparciales y desinteresadas, aunque esta posición es minoritaria frente a la contraria.

Este mismo estudio se repitió en Israel (Ben-Chaim y Zoller, 1991; Zoller y Ben-Chaim, 1994), y en esta ocasión sólo se encontraron diferencias significativas en dos de las seis preguntas formuladas a ambos grupos —estudiantes y profesores. Los resultados muestran ahora que (tabla I):

- Los estudiantes están más de acuerdo que los profesores con que sean los técnicos los que tomen decisiones sobre cuestiones científicas y tecnológicas. Por el contrario, los profesores prefieren más que los alumnos que las decisiones sean tomadas de manera compartida por técnicos y ciudadanos.
- El profesorado se inclina más que el alumnado a opinar que la tecnología es ciencia aplicada. Al mismo tiempo, los estudiantes tienden más que los profesores a identificar la tecnología con una forma de resolver problemas prácticos o con los productos de la técnica.
- En general, es relativamente poco frecuente (algo más en el alumnado) que se mantenga el mito según el cual los científicos son personas completamente objetivas, imparciales y desinteresadas, y esta posición es claramente minoritaria.

Cabe destacar que las diferencias entre el profesorado y el alumnado son bastante menores en el caso israelí que en el canadiense. Por otra parte, aunque no se detallan aquí, son mayores las diferencias interculturales entre las muestras de Canadá e Israel (compárense en la tabla I), tanto para los estudiantes como para los

profesores. Pese a la reciente concepción del mundo como una aldea global, las respuestas a cuestiones CTS del tipo de las que se proponen en el VOSTS están a menudo ligadas al contexto, porque las percepciones de las personas sobre estos temas suelen depender en buena medida de normas sociales, culturales y políticas, que —en muchos casos— tienen un marcado carácter local, regional o nacional (Acevedo, 2000b).

En España, Acevedo (1992, 1993, 1994) estudió durante tres años las creencias de alumnos onubenses de 2ª de BUP y COU de ciencias y estudiantes del CAP —futuros profesores de ciencias de enseñanza secundaria— con el *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia y Sociedad (COCS)*, que consta de 20 preguntas relacionadas con las siguientes seis dimensiones:

- Conveniencia de controlar social y políticamente la investigación científica y tecnológica.
- Neutralidad de la ciencia y de los científicos en su trabajo.
- Objetividad de los científicos.
- Estereotipos sexistas en ciencia y tecnología.
- Creencias epistemológicas sobre la naturaleza de los conocimientos científicos.
- El papel de la ciencia en la resolución de problemas sociales.

Los resultados obtenidos permitieron detectar algunas diferencias entre las respuestas de ambos grupos, y mostraron que, globalmente, las de los estudiantes del CAP eran algo más adecuadas (Acevedo 2000b). A grandes rasgos, puede decirse que las respuestas de éstos son de más calidad que la de los alumnos de BUP y COU en cuatro dimensiones (tabla II):

- Neutralidad de la ciencia y de los científicos en su trabajo (los futuros profesores están algo más en contra y bastante más a favor los alumnos de BUP y COU).

TABLA I
Porcentajes de creencias mayoritarias en cada pregunta (profesores vs. estudiantes)

TIPOS DE RESPUESTAS DOMINANTES Y SUS CORRESPONDIENTES PORCENTAJES	CANADÁ		ISRAEL		MALLORCA	
	Pro (%)	Alu (%)	Pro (%)	Alu (%)	Pro (%)	Alu (%)
PREGUNTA 1						
Las decisiones deben ser compartidas entre técnicos y ciudadanos	60%	50%	80%	60%		
Las decisiones deben ser tomadas por científicos e ingenieros	-	35%	-	30%		
Las decisiones deben ser tomadas por ciudadanos	25%	-	-	-		
PREGUNTA 2						
Los científicos no son responsables de los efectos negativos de sus descubrimientos	40%	40%	-	-	60%	45%
La responsabilidad es sólo de los científicos	25%	50%	60%	70%	20%	35%
La responsabilidad debe ser compartida por los científicos y la sociedad	35%	-	25%	-	20%	20%
PREGUNTA 3						
La tecnología es ciencia aplicada	65%	45%	55%	30%	45%	25%
La tecnología es productos técnicos	-	30%	35%	45%	25%	30%
La tecnología es una forma de resolver problemas prácticos	-	25%	-	25%	15%	15%
PREGUNTA 4						
Hay que invertir en ciencia y tecnología	95%	85%	95%	90%		

TABLA I (Cont.)

PREGUNTA 5						
Cuando los científicos discrepan sobre un tema lo hacen por motivos científicos y personales	65%	40%	45%	40%		
Cuando los científicos discrepan sobre un tema lo hacen sólo por motivos científicos	—	50%	45%	50%		
PREGUNTA 6						
Las características de los científicos no son distintas de las de las demás personas	60%	45%	70%	55%		
Los científicos tienen características especiales que son necesarias para la ciencia	30%	40%	25%	35%		

- Estereotipos sexistas en ciencia y tecnología (los futuros profesores se manifiestan contrarios a las diferencias de género en mayor medida aún que el alumnado).
- Epistemología de la naturaleza de los conocimientos científicos (se dan más respuestas ingenuas en el alumnado y, viceversa, más respuestas adecuadas en los futuros profesores).
- El papel de la ciencia en la resolución de problemas sociales (los alumnos de BUP y COU tienen mucha más confianza ingenua en la ciencia, mientras que los futuros profesores matizan y relativizan algo más el papel que debe jugar la ciencia).

Por el contrario, las respuestas del alumnado de BUP y COU son un poco mejores en dos dimensiones (tabla II):

- Conveniencia de controlar social y políticamente la investigación científica y tecnológica (los alumnos de BUP y COU son más favorables).
- Objetividad de los científicos (los futuros profesores están algo más de acuerdo en su existencia).

En resumen, en dos de los tres estudios (el canadiense y el español) se encuentran diferencias importantes entre las creencias y actitudes CTS del alumnado y el profesorado —en servicio o en formación inicial, respectivamente. Éstas diferencias son menores en el israelita, pero, no obstante,

TABLA II
Porcentajes de creencias en cada dimensión (profesores vs. estudiantes)

TENDENCIAS DE RESPUESTAS DOMINANTES EN LAS DIMENSIONES Y SUS CORRESPONDIENTES PORCENTAJES	HUELVA	
	Profesores (%)	Alumnos (%)
DIMENSIÓN 1		
Conveniencia de controlar social y políticamente la investigación científica y tecnológica		
Favorables al control	18	26
Contrarias al control	37	34
DIMENSIÓN 2		
Neutralidad de la ciencia y de los científicos en su trabajo		
Favorables a la neutralidad	19	32
Contrarias a la neutralidad	33	26
DIMENSIÓN 3		
Objetividad de los científicos		
Favorables a la objetividad	44	40
Contrarias a la objetividad	10	18
DIMENSIÓN 4		
Esteretipos sexistas en la ciencia y la tecnología		
Posiciones sexistas	4	12
Posiciones antisexistas	76	68
DIMENSIÓN 5		
Creencias epistemológicas sobre la naturaleza de los conocimientos científicos		
Ingenuas	30	39
Adecuadas	36	22
DIMENSIÓN 6		
Exclusivo, el más importante	32	56
Compartido, relativamente importante	30	18

la poca adecuación de muchas de las respuestas –tanto de estudiantes como de profesores– es común a los tres estudios, aunque, en general, se observa que, en la mayoría de las ocasiones, el profesorado ofrece respuestas de mayor calidad. Estos resultados invitan a profundizar en el tema de manera más sistemática y completa, utilizando un instrumento más desarrollado –el COCTS– y empleando modelos de evaluación más válidos y fiables.

MUESTRA

La muestra válida de alumnado quedó constituida por 4.132 estudiantes de todos los niveles y modalidades del sistema educativo –titulados superiores, universitarios y estudiantes de secundaria– existentes en el momento de la aplicación del cuestionario COCTS (años 1995 y 1996) en Mallorca. Para el 95% de la muestra, las edades están comprendidas entre los 14 (edad mínima) y los 27 años. La muestra total de alumnos, balanceada por género en cada grupo-clase, es de unas 700 personas entre los seis cuadernillos del cuestionario, aunque debido a la mortalidad experimental (cuadernillos deficientemente contestados o incompletos) no es exactamente igual para cada caso. La muestra de profesorado está formada por 654 profesores –318 contestaron uno de los cuadernillos y 336 el otro– de primaria (46%), secundaria (44%) y universidad (10%). Ambas muestras –de alumnado y profesorado– contienen aleatoriamente estudiantes y profesores tanto de ciencias y como de letras (Vázquez y Manassero, 1998).

PROCEDIMIENTO

Los datos del alumnado y del profesorado se tomaron de las respuestas a 35 preguntas –con 222 enunciados alternativos en total– que se hicieron a ambos grupos.

Dichas preguntas, que se extrajeron de las 100 que componen el COCTS (637 frases) por considerarse representativas, corresponden a las siguientes dimensiones:

- D1: Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones (3 cuestiones, 21 frases).
- D2: Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología (5 cuestiones, 33 frases).
- D4: Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (8 cuestiones, 52 frases).
- D6: Características de los científicos (6 cuestiones, 40 frases).
- D7: Construcción social del conocimiento científico (5 cuestiones, 31 frases).
- D8: Construcción social de la tecnología (1 cuestión, 6 frases).
- D9: Naturaleza de la ciencia (7 cuestiones, 39 frases).

Estos datos se obtuvieron utilizando un modelo de respuesta única, en el que la persona que responde selecciona la opción que mejor se ajusta a su opinión entre las alternativas que se le proporcionan para responder a cada cuestión del COCTS (Vázquez y Manassero, 1998, 1999). Las respuestas así obtenidas se clasifican luego en las categorías *Adecuada*, *Plausible* e *Inadecuada* (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000). Se añadió a éstas la categoría *Otras*, que incluye respuestas del tipo «No comprendo lo que se pregunta», «No sé suficiente del tema como para elegir una opción», etc.

La clasificación de todas las respuestas posibles (las 637 frases del cuestionario) en las categorías anteriores (143 frases adecuadas, 274 plausibles y 220 ingenuas) se hizo previamente a partir de la baremación realizada por 11 jueces expertos (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000) siguiendo un modelo de respuesta múltiple. Los jueces expertos valoraron individualmente –sobre una escala de nueve puntos– su grado de

acuerdo con todas y cada una de las opciones presentes en las 100 cuestiones. Este modelo es mucho más potente que el de respuesta única, ya que maximiza la información disponible en cada pregunta del COCTS y permite alcanzar un grado mucho mayor de precisión en la evaluación de las actitudes CTS (Vázquez y Manassero, 1999).

Para las 35 cuestiones del COCTS seleccionadas y aplicadas a las dos muestras (222 frases, de las cuales —de acuerdo con la baremación realizada por el panel de 11 jueces expertos— 46 son adecuadas, 104 plausibles y 72 ingenuas), y también para cada dimensión, el procedimiento empleado consistió en trasladar el número de respuestas directas correspondientes a cada categoría establecida, para después comparar la distribución de frecuencias observadas con las esperadas de acuerdo con un reparto aleatorio entre alumnos y profesores, utilizando como criterio de significación para las diferencias la prueba estadística ji-cuadrado. Esta prueba no paramétrica se aplica para comprobar la probabilidad de que existan o no diferencias significativas en la distribución de las frecuencias observadas en cada una de las cuatro categorías respecto a ambos grupos de la muestra (alumnado y profesorado). Para ello, se toma como criterio de significación el que las diferencias entre las frecuencias observadas y esperadas sean tan grandes que sólo puedan presentarse por azar el 0,1%, o menos, de las veces ($p < 0,001$).

En el supuesto de que aparezcan diferencias significativas en la distribución de las respuestas del alumnado y el profesorado, se analizará la hipotética superioridad de uno de los grupos sobre el otro de dos maneras complementarias.

El primer análisis es cualitativo, y pretende comprobar si la tendencia favorable (o desfavorable) tiene el mismo sentido o no en ambos grupos. Por ejemplo, si los profesores dan un porcentaje mayor de

respuestas adecuadas que los alumnos en una determinada dimensión y estos dan un porcentaje mayor de respuestas ingenuas en la misma.

Para realizar el segundo análisis, que es cuantitativo, se asignan primero las siguientes puntuaciones a las categorías: *Adecuada* (3,5), *Plausible* (1) e *Ingenua* (0). Hay que tener en cuenta la detallada explicación que Vázquez y Manassero (1999) han dado de las ventajas de esta escala de puntuaciones respecto a la propuesta originalmente por Rubba, Schoneweg y Harkness (1996). Además, a las respuestas clasificadas como *Otras* también se les ha asignado cero puntos. De esta forma, se puede calcular una media ponderada —que es un indicador cuantitativo de la posible superioridad de un grupo frente al otro (profesores *versus* alumnos)— y determinar luego con el estadístico «t» si la diferencia entre medias es significativa.

RESULTADOS

En conjunto, las respuestas del profesorado y alumnado a las 35 preguntas del COCTS planteadas son diversas y, en algunos casos, parcialmente aceptables, aunque —desde la perspectiva de los conocimientos actuales de la sociología, la epistemología y la historia de la ciencia (gráfico I)— también se precian insuficiencias. En el caso de los profesores, hay menos de dos quintos de respuestas adecuadas, en torno a dos quintos de las respuestas son plausibles y poco menos de un cuarto de ingenuas y otras. Las respuestas de los estudiantes se reparten de otro modo: alrededor de un tercio son adecuadas, más de dos quintos plausibles y cerca de un cuarto ingenuas y otras.

Entre las respuestas de ambos grupos predominan las plausibles y después las adecuadas (gráfico I), si bien, cuando se comparan entre sí, los profesores logran un mayor porcentaje de respuestas ade-

cuadas, mientras que el porcentaje de respuestas plausibles es mayor entre los alumnos.

Unos y otros logran mejores puntuaciones en las mismas dimensiones –aunque el profesorado logre siempre un mayor porcentaje de respuestas adecuadas (gráfico II) y el alumnado obtenga más respuestas ingenuas y plausibles en el (gráficos III y IV, respectivamente):

- Características de los científicos (2,30 y 2,03, respectivamente).
- Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (2,02 y 1,82, res-

pectivamente).

Las puntuaciones más bajas del profesorado corresponden a las dimensiones:

- Construcción social de la tecnología (1,09).
- Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones (1,30).

Y los estudiantes obtienen las peores puntuaciones en las dimensiones:

- Construcción social de la tecnología (1,08).
- Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología (1,20).

GRÁFICO I
Porcentajes de respuestas a las 35 cuestiones

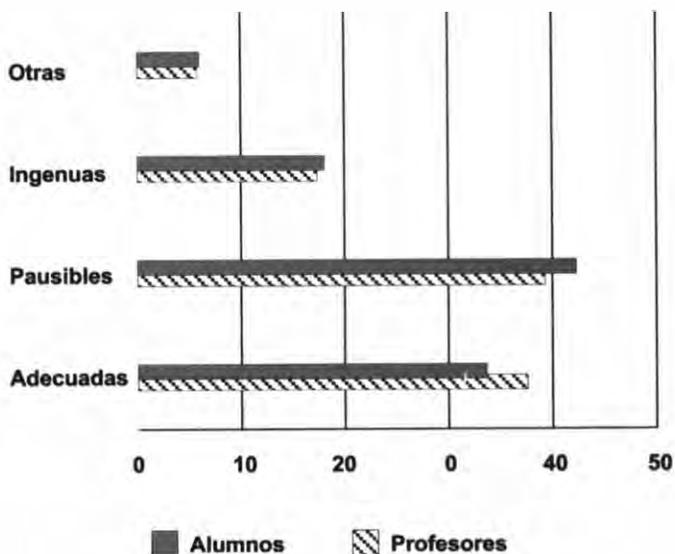
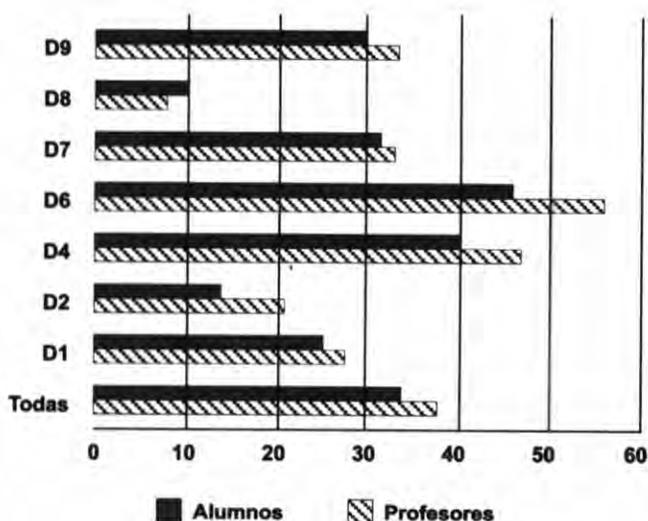


GRÁFICO II
Porcentaje de respuestas adecuadas



En la tabla III se resumen los resultados de la prueba ji-cuadrado para las 35 preguntas del COCTS, y se indican tanto los casos en los que hay diferencias estadísticamente significativas entre el profesorado y el alumnado ($p < 0,001$), como unos pocos en los que aparecen como tendencias niveles de significación menos exigentes ($p < 0,05$; $p < 0,01$). También se señalan las ocasiones en las que no se aprecian diferencias. En la tabla III se incluyen también los resultados del análisis cuantitativo, con las puntuaciones medias de profesores (PPRO) y alumnos (PALU), y el valor del estadístico t correspondiente —que permite determinar si la diferencia entre medias es signi-

ficativa de acuerdo con lo indicado en el apartado de procedimiento. Se prueba que, mientras que en 13 cuestiones tienen más calidad las respuestas del profesorado y en dos más se aprecia una tendencia a su favor —aunque el nivel de significación es menor ($p < 0,05$)—; en dos son más adecuadas las respuestas del alumnado y en otra se observa una tendencia a su favor —si bien el nivel de significación es menor ($p < 0,05$)—; y, por último, en 17 cuestiones no aparecen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. En suma, los profesores obtienen mejores resultados en el 40% de las cuestiones y los estudiantes en al menos del 10%.

GRÁFICO III
Porcentajes de respuestas plausibles

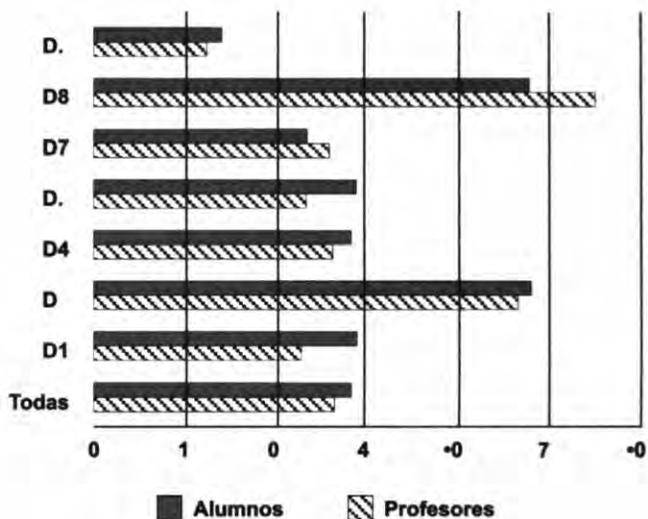


GRÁFICO IV
Porcentajes de respuestas ingenuas

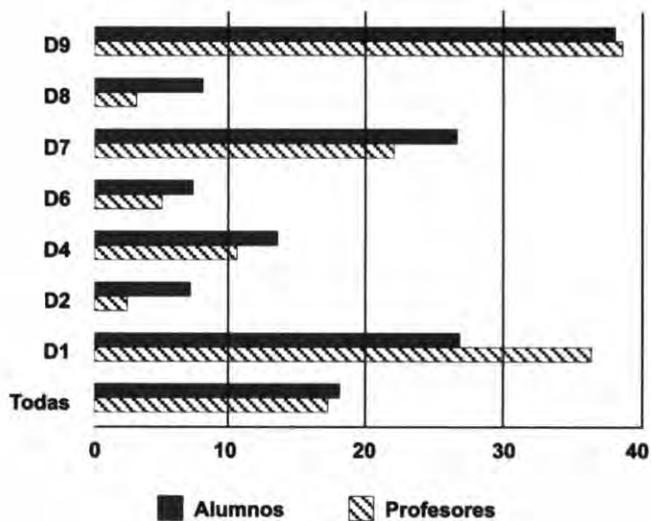


GRÁFICO V
Porcentaje de otras respuestas

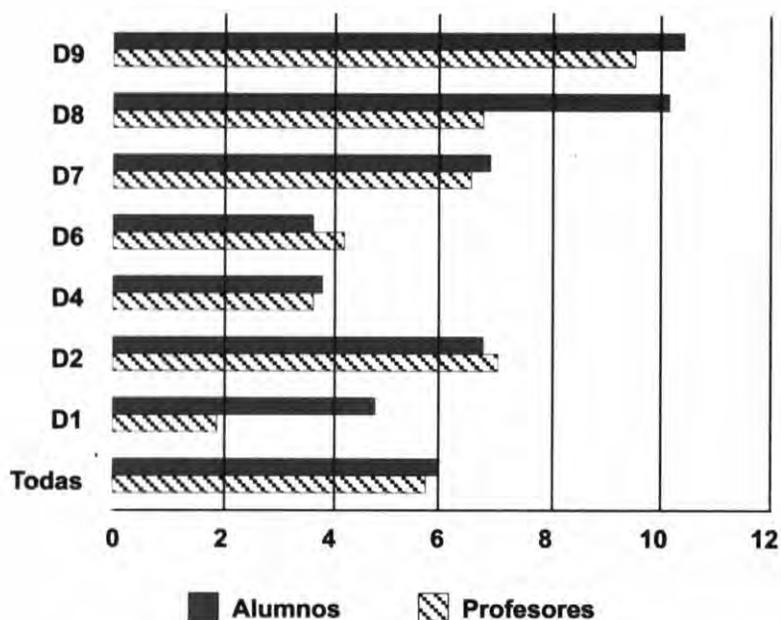


TABLA III
Resultados de las pruebas ji-cuadrado y diferencia entre medias para las 35 preguntas del COCTS

FRASE	DISTRIBUCIÓN			PUNTUACIONES MEDIAS							Mejores respuestas
	ji ²	gl	P	PPro	SD	PAlu	SD	t	gl	p	
10.211	26,35	3	< 0,001	0,76	1,01	1,11	1,14	4,65	1.032	<0,001	Alumnos
10.311	23,16	3	< 0,001	1,28	1,38	1,17	1,19	1,33	1.043	-	-
10.431	13,86	3	< 0,01	1,87	1,59	1,66	1,58	2,02	1.034	< 0,05	Profesores

TABLA III (Cont.)

10.111	15,18	2	< 0,001	0,97	0,18	0,91	0,29	3,44	1.044	< 0,001	Profesores
20.211	24,26	3	< 0,001	1,08	0,79	1,05	0,88	0,62	1.034	-	-
20.311	28,24	3	< 0,001	1,45	1,25	1,08	1,01	7,46	1.041	< 0,001	Profesores
20.611	4,75	3	-	1,59	1,27	1,52	1,24	0,84	1.034	-	-
20.711	54,54	3	< 0,001	2,00	1,26	1,45	1,05	7,40	1.041	< 0,001	Profesores
40.121	5,29	3	-	1,74	1,22	1,90	1,28	1,88	1.033	-	-
40.131	22,80	3	< 0,001	2,36	1,55	2,18	1,57	1,89	1.042	-	-
40.231	27,39	3	< 0,001	2,57	1,33	2,07	1,45	5,20	1.032	< 0,001	Profesores
40.311	24,53	3	< 0,001	1,21	1,21	1,15	1,03	0,84	1.039	-	-
40.441	3,81	3	-	2,24	1,67	2,06	1,71	1,59	1.031	-	-
40.451	32,05	3	< 0,001	2,89	1,11	2,46	1,39	4,89	1.040	< 0,001	Profesores
40.711	3,28	3	-	1,62	1,20	1,49	1,17	1,59	1.030	-	-
40.811	26,68	3	< 0,001	1,57	1,10	1,27	0,99	4,39	1.041	< 0,001	Profesores
60.111	23,14	3	< 0,001	2,21	1,43	1,79	1,39	4,35	1.027	< 0,001	Profesores
60.211	19,79	3	< 0,001	2,16	1,38	1,76	1,34	4,44	1.038	< 0,001	Profesores
60.411	10,91	3	< 0,05	2,74	1,31	2,57	1,33	1,86	1.029	-	-
60.421	24,95	3	< 0,001	1,47	1,23	1,37	1,33	1,10	1.040	-	-
60.521	60,19	3	< 0,001	2,53	1,28	2,09	1,34	7,76	4.762	< 0,001	Profesores
60.611	7,35	3	-	2,52	1,32	2,31	1,40	2,24	1.030	< 0,05	Profesores
70.111	0,93	2	-	0,63	0,48	0,63	0,48	0,10	1.031	-	-
70.311	34,54	3	< 0,001	1,63	1,41	1,13	1,33	5,35	1.028	< 0,001	Profesores
70.321	2,64	3	-	2,39	1,54	2,54	1,49	1,46	1.030	-	-
70.711	4,16	3	-	1,63	1,51	1,52	1,52	1,04	1.025	-	-
70.721	7,05	3	-	1,40	1,34	1,41	1,41	0,10	1.026	-	-
80.211	15,24	3	< 0,01	1,09	0,76	1,08	0,91	0,28	1.025	-	-

TABLA III (Cont.)

90.111	13,33	2	< 0,01	0,78	1,46	1,09	1,62	2,96	1.021	< 0,01	Alumnos
90.521	22,82	3	< 0,001	2,22	1,61	1,73	1,68	4,34	1.022	< 0,001	Profesores
90.531	3,14	3	-	1,15	1,29	1,26	1,33	1,29	1.024	-	-
90.641	18,86	3	< 0,001	0,69	1,27	0,79	1,22	1,14	1.021	-	-
90.651	13,94	2	< 0,01	2,61	1,27	2,29	1,38	3,53	1.023	< 0,001	Profesores
91.011	18,08	3	< 0,001	1,48	1,64	1,10	1,50	3,65	1.013	< 0,001	Profesores
91.111	9,51	3	< 0,05	0,51	1,02	0,68	1,24	2,10	1.021	< 0,05	Alumnos

COMENTARIOS

En 13 cuestiones tienen más calidad las respuestas del profesorado.

En dos cuestiones tienden a tener más calidad las respuestas del profesorado, pero con menor nivel de significación.

En dos cuestiones tienen más calidad las respuestas del alumnado.

En una cuestión tienden a tener más calidad las respuestas del alumnado, pero con menor nivel de significación.

En 17 cuestiones no hay diferencias estadísticas significativas entre los alumnos y los profesores.

Así mismo, en la tabla IV, se muestran los resultados de las mismas pruebas estadísticas, aplicadas ahora a las dimensiones del COCTS de manera similar a como se hizo para cada pregunta del cuestionario. Se verifica que, tomadas en conjunto las 35 preguntas del COCTS, las respuestas del profesorado son mejores en tres dimensiones y en una cuarta se aprecia una tendencia en este sentido, aunque con menor nivel de significación estadística ($p < 0.05$), mientras que en las tres dimensiones restantes no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos.

Por último, en la tabla V se clasifican por categorías los porcentajes de respuestas del profesorado y el alumnado para el conjunto de las 35 preguntas y para cada una de las dimensiones del COCTS. Dichos

porcentajes se exponen también de forma gráfica (véanse los gráficos II, III, IV y V).

Desde un punto de vista global, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas del alumnado y el profesorado en la primera dimensión (*Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones*). Cuando se analizan las tres preguntas formuladas, en una (10.211) son mejores las respuestas de los estudiantes, en otra (10.431) hay una tendencia favorable al profesorado –si bien con un nivel de significación más bajo ($p < 0.05$)–, y en la tercera (10.311) no hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Los alumnos dan respuestas superiores en:

- *La definición de tecnología.* Más alumnos (16,2%) que profesores

TABLA IV
Resultados de las pruebas ji-cuadrado y diferencia entre medias para las dimensiones del COCTS

DIMENSIÓN	DISTRIBUCIÓN			PUNTUACIONES MEDIAS							Mejores respuestas
	ji²	gl	P	PPro	SD	PAlu	SD	t	gl	P	
Todas	58,90	3	< 0,001	1,71	1,44	1,60	1,41	6,92	39.895	< 0,001	Profesores
Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones	49,95	3	< 0,001	1,30	1,42	1,31	1,33	0,15	3.113	-	-
Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología	75,67	3	< 0,001	1,42	1,10	1,20	1,10	7,14	5.202	< 0,001	Profesores
Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	38,66	3	< 0,001	2,02	1,42	1,82	1,41	6,01	8.302	< 0,001	Profesores
Características de los científicos	80,32	3	< 0,001	2,30	1,37	2,03	1,38	8,15	9.936	< 0,001	Profesores
Construcción social del conocimiento científico	15,15	3	< 0,01	1,53	1,43	1,45	1,45	2,02	5.148	< 0,05	Profesores
Construcción social de la tecnología	15,24	3	< 0,01	1,09	0,78	1,08	0,91	0,28	1.025	-	-
Naturaleza de la ciencia	9,03	3	<0,05	1,35	1,56	1,28	1,53	1,80	7.157	-	-

COMENTARIOS

En tres dimensiones tienen más calidad las respuestas del profesorado.

En una dimensión tienden a tener más calidad las respuestas del profesorado, pero con menor nivel de significación.

En tres dimensiones no hay diferencias estadísticas significativas entre los alumnos y los profesores.

En el conjunto de las 35 preguntas del COCTS tienen más calidad las respuestas del profesorado.

TABLA V
Porcentajes de respuestas por categorías para las dimensiones del COCTS

CATEGORÍAS DE RESPUESTAS DIMENSIÓN	% ADECUADAS		% PLAUSIBLES		% INGENUAS		% OTRAS	
	Pro	Alu	Pro	Alu	Pro	Alu	Pro	Alu
Todas	37,6	33,7	39,3	42,3	17,4	18,1	5,8	6,0
Ciencia y tecnología Definiciones y relaciones	27,5	25,2	34,0	43,0	36,5	26,9	2,0	4,9
Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología	20,7	13,7	69,4	72,1	2,7	7,3	7,1	6,8
Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	46,7	40,0	39,1	42,4	10,5	13,7	3,7	3,9
Características de los científicos	55,8	45,8	34,8	42,9	5,1	7,6	4,3	3,7
Construcción social del conocimiento científico	32,8	31,3	38,7	35,1	22,0	26,8	6,6	6,9
Construcción social de la tecnología	7,7	10,3	82,3	71,5	3,2	8,0	6,8	10,2
Naturaleza de la ciencia	33,3	30,6	18,2	20,6	38,9	38,4	9,6	10,4

(9,5%) eligen la opción que define de manera más completa la tecnología, incluyendo los aspectos organizativos, la economía y los consumidores, entre otros. Así mismo, menos alumnos (25,4% vs. 45,7%) prefieren el punto de vista ingenuo de la tecnología como ciencia aplicada.

La cuestión con tendencia a favor del profesorado se refiere a si:

- *La tecnología tiene un cuerpo propio de conocimientos o depende directamente del conocimiento científico.* Si bien tanto el profesorado (29,0%) como el alumnado (28,8%) mantienen porcentajes similares de respuestas ingenuas derivadas de una visión de la tecnología exclusivamente dirigida por la ciencia, los profesores optan un poco más (47,3% vs. 40,9%) por considerar –adecuadamente– que la tecnología tiene un cuerpo de conocimientos propio, aunque su avance también dependa del conocimiento científico.

La pregunta donde no hay diferencias significativas entre estudiantes y profesores hace referencia a:

- *El significado de investigación y desarrollo (I+D).*

En la segunda dimensión (*Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología*), las respuestas de los profesores son superiores a las de los alumnos cuando se analizan globalmente. Esta ventaja aparece en tres (20.111, 20.311 y 20.711) de las cinco cuestiones, mientras que en las otras dos (20.211 y 20.611) no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Las tres preguntas que marcan diferencias significativas a favor del profesorado corresponden a:

- *Las subvenciones del gobierno de un país a la investigación científica.* Los

profesores (96,7%) escogen algo más que los alumnos (90,8%) respuestas plausibles que apuestan por invertir fondos en investigación científica. Hay que advertir que no había ninguna opción que pudiera clasificarse como adecuada.

- *El predominio de la investigación científica industrial y militar sobre la investigación básica y la aplicada a la salud y a la agricultura.* El profesorado duplica al alumnado en el porcentaje de elección de la respuesta más adecuada (25,1% vs. 12,6%), según la cual la mayor parte de la investigación científica se hace para la industria y el ejército porque en estos sectores se dispone de más medios y fondos económicos.
- *La influencia de factores sociales y educativos (comunidades locales, familia y escuela) en la elección de estudios científicos.* En este caso, el porcentaje de respuestas adecuadas es también aproximadamente el doble en el caso de los profesores (40,9% vs. 20,1%). La respuesta más adecuada incluye la influencia conjunta de los tres factores citados a la hora de fomentar los estudios científicos.

Por el contrario, las dos cuestiones en las que no hay diferencias significativas entre ambos grupos se refieren a:

- *La eficacia de una investigación científica más controlada por las empresas.*
- *La influencia de los grupos de presión social en los proyectos de investigación científica.*

En conjunto, para la cuarta dimensión (*Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad*) las respuestas del profesorado también tienen más calidad que las del alumnado; además, hay que destacar que los resultados de ambos grupos son sensiblemente mejores que los obtenidos en la

segunda dimensión. En este caso, hay tres cuestiones (40.231, 40.451 y 40.811), de las ocho planteadas, en las que los profesores obtienen mejores resultados, mientras que en las otras cinco (40.121, 40.131, 40.311, 40.441 y 40.711) no se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Las preguntas en cuyas respuestas sí hay diferencias significativas corresponden a:

- *La capacidad de la ciencia y la tecnología para ayudar a tomar decisiones legales.* La opción considerada más adecuada, según la cual pueden ayudar algo en ocasiones, es seleccionada en mayor medida por el profesorado (66,0% vs. 49,4%).
- *La capacidad de la ciencia y la tecnología para resolver en el futuro los problemas de contaminación que no pueden solucionarse en la actualidad.* En este caso, los profesores prefieren en mayor medida (76,3 vs. 63,0%) la respuesta más adecuada, que afirma que la ciencia y la tecnología no pueden hacerlo ellas solas, sino que también intervienen otras decisiones en las que todos los ciudadanos deberían implicarse.
- *La influencia de la tecnología en la sociedad.* Las opciones estimadas como adecuadas: la tecnología está presente en todos los aspectos de nuestras vidas y la sociedad cambia como consecuencia de aceptar una determinada tecnología son un poco más escogidas por el profesorado (24,0% vs. 15,1%).

En otras cuestiones, no existen diferencias significativas entre uno u otro grupo:

- *La responsabilidad de los científicos en los daños que se deriven de sus descubrimientos.*
- *La obligación que tienen los científicos de informar de sus descubrimientos en un lenguaje comprensible para el ciudadano medio.*

- *Los efectos positivos y negativos en los resultados derivados de la ciencia y la tecnología.*
- *La posibilidad de que los medios de comunicación de masas puedan engañar en ocasiones a los científicos y tecnólogos, de forma similar a como lo hacen con cualquier ciudadano.*
- *La influencia de la ciencia y la tecnología en el pensamiento común.*

Ambos grupos obtienen los mejores resultados globales en la sexta dimensión (*Características de los científicos*). Las respuestas de los profesores son, una vez más, mejores en conjunto. Los profesores responden más adecuadamente a tres (60.111, 60.211 y 60.521) de las seis preguntas propuestas y la tendencia les es ligeramente favorable en otra (60.611), aunque el nivel de significación es más bajo ($p < 0,05$). En las dos restantes (60.411 y 60.421) no se dan diferencias significativas. Las cuestiones que dan lugar a diferencias a favor del profesorado se centran en:

- *Las motivaciones de los científicos en su trabajo.* El profesorado (53,0%) elige más que el alumnado (36,6%) una de las dos opciones adecuadas —aquella que afirma que no es posible generalizar porque las motivaciones varían de unos científicos a otros. En cambio, la otra opción, que hace referencia a ganar reconocimiento, es muy poco estimada por ambos grupos.
- *Rasgos característicos de los científicos (mentalidad abierta, imparcialidad y objetividad).* La opción más adecuada, que considera que tales características no son suficientes, es más seleccionada por los profesores (50,2% vs. 35,7%).
- *Si las mujeres y los hombres realizan el mismo tipo de trabajo en la ciencia y la tecnología.* También aquí la opción más adecuada, que atribuye

las posibles diferencias a diversos motivos individuales en vez de al género, es más aceptada por el profesorado (62,9% vs. 46,6%).

La cuestión en la que se aprecia cierta tendencia favorable al profesorado alude a:

- *Las causas por las que actualmente hay más científicos que científicas.* Las respuestas que atribuyen estas causas a diversos motivos sexistas: mayor capacidad, inteligencia e interés por la ciencia de los hombres, son algo menos elegidas por el profesorado (3,5%) que por el alumnado (7,4%). Por el contrario, las que atribuyen las causas a diferentes prejuicios y estereotipos sociales, predominan ligeramente en los profesores (63,6% vs. 57,0%).

No hay diferencias significativas entre ambos grupos en las preguntas relacionadas con:

- *La dedicación de los científicos a su trabajo y a su vida familiar y social.*
- *La paciencia y la determinación como rasgos característicos de los científicos para poder superar la frustración y el aburrimiento.*

Globalmente, en la séptima dimensión (*Construcción social del conocimiento científico*), las respuestas del profesorado tienden a ser de más calidad que las del alumnado, aunque el nivel de significación estadística es menor ($p < 0,05$). En este caso, sólo en una (70.311) de las cinco cuestiones que se propusieron obtienen mejores resultados, mientras que en las cuatro restantes (70.111, 70.321, 70.711 y 70.721) no se dan diferencias estadísticamente significativas entre el alumnado y el profesorado. La pregunta en la que el profesorado logró mejores resultados hacía referencia a:

- *Los motivos por los que publican sus resultados los científicos.* Las res-

puestas de los alumnos (30,4%) casi duplican a las de los profesores (1,6%) en una de las dos respuestas consideradas ingenuas: los motivos son para conseguir avances mediante la comunicación abierta y para informar al público. La otra, según la cual lo hacen para ayudar a los demás científicos, es poco tenida en cuenta por los dos grupos. Así mismo, la respuesta más adecuada, que considera que se hace tanto para ayudar a hacer avanzar la ciencia como para lograr reconocimiento, crédito y otros intereses personales, es preferida por el profesorado en mayor medida (34,5% vs. 22,0%).

Las cuatro cuestiones en las que no se encuentran diferencias significativas aluden a:

- *La lealtad de los científicos a los ideales de la ciencia y al equipo de investigación.*
- *Dónde y cómo deben anunciar sus descubrimientos los científicos.*
- *La influencia cultural y educativa en las conclusiones de los científicos.*
- *La influencia de la cultura de los diferentes países en la investigación científica.*

No se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los resultados del profesorado y del alumnado en la única pregunta (80.211) planteada que pertenece a la octava dimensión (*Construcción social de la tecnología*). En este caso se aborda una cuestión relativa a:

- *El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos.*

En conjunto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas de los profesores y los alumnos a las cuestiones relacionadas con la novena dimensión (*Epistemología: naturaleza de la ciencia*). Predomina la heterogeneidad, ya que en tres (90.521, 90.651 y 91.011) de

las siete preguntas planteadas el profesorado obtiene mejores resultados; en una cuarta (90.111) la ventaja es para el alumnado y, además, se aprecia una tendencia en el mismo sentido en otra pregunta (91.111) –aunque el nivel de significación es menor ($p < 0,05$)–; y por último, en las dos preguntas restantes (90.531 y 90.641) no se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos. Las cuestiones en las que destaca el profesorado son las relativas a:

- *La necesidad de que sean ciertas las suposiciones que hacen los científicos en el desarrollo de sus teorías para que progrese la ciencia.* Los profesores (6,4%) seleccionan mucho menos que los alumnos (20,1%) dos de las opciones ingenuas. Dichas opciones afirman que las suposiciones tienen que ser forzosamente correctas para que lo sean las teorías y las leyes o bien para evitar riesgos sociales. Por el contrario, el profesorado prefiere en mayor medida (60,8% vs. 46,7%) la opción más adecuada, que considera que se puede aprender mucho refutando supuestos erróneos.
- *El papel de los errores de los científicos en el avance de la ciencia.* Los profesores (66,1%) escogen en mayor medida que los alumnos (55,5%) la respuesta más adecuada, según la cual los errores no pueden evitarse, pero pueden ayudar a hacer avanzar la ciencia si los científicos aprenden de ellos y los corrigen. Así mismo, el profesorado opta menos (4,0% vs. 8,0%) por las dos respuestas ingenuas que justifican el punto de vista según el cual los errores deben evitarse para no retrasar el avance de la ciencia.
- *El carácter inventado o descubierto de las leyes, hipótesis y teorías científicas.* La respuesta más adecuada, que sostiene que los científicos las inventan para describir el comporta-

miento de la naturaleza, es elegida con más frecuencia por el profesorado (38,9% vs. 27,0%).

La pregunta en la que los resultados de los alumnos son mejores que los de los profesores se refiere a:

- *La influencia de las teorías en las observaciones científicas.* Los alumnos tienden más (31,2% vs. 22,2%) a preferir las opciones adecuadas, que sostiene que las teorías influyen en los experimentos y las observaciones. En este caso, no había ninguna opción plausible.

La tendencia es favorable al alumnado en cuestión acerca de si:

- *Los científicos de diferentes campos de investigación tienen o no el mismo punto de vista sobre los conceptos (comunicabilidad semántica entre paradigmas).* Más alumnos (15,0% vs. 9,0%) optan por aceptar las dificultades que entraña esta comunicación.

Las dos preguntas en las que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los estudiantes y los profesores hacen referencia a:

- *La elegancia y belleza en las ideas científicas y la naturaleza.*
- *Informes de investigación: ciencia pública y ciencia privada.*

Por otra parte, puede resultar de interés la comparación entre los resultados obtenidos en dos de las cuestiones con los que también aparecían en los estudios canadiense e israelí (véase la tabla I). Dicha comparación permite comprobar que el porcentaje de estudiantes y profesores españoles que consideran la tecnología como ciencia aplicada es inferior al israelí y, sobre todo, al canadiense, aunque persiste la tendencia –observada ya en los estudios extranjeros– a que los profesores den más respuestas de este tipo que los

alumnos. Así mismo, –si comparamos estos resultados con los del estudio israelí e incluso con los de la investigación canadiense (sobre todo en lo que atañe al alumnado)– también es bastante menor el porcentaje de alumnos y profesores que considera a los científicos responsables de los efectos negativos de sus descubrimientos. Estos datos vienen a confirmar, una vez más, la importancia de las diferencias interculturales en muchas de las creencias y actitudes CTS, tal y como se ha señalado en el apartado dedicado a los antecedentes.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La primera consideración debe dirigirse a afrontar la interpretación de los parámetros estadísticos obtenidos para detectar así las diferencias actitudinales entre el profesorado y el alumnado, y discernir entre significación estadística y significación práctica. En este sentido, hay que destacar que los dos métodos aplicados no dan resultados coincidentes. El método estadístico *t* es más conservador que la prueba *ji-cuadrado*, pues bastantes cuestiones significativas para el segundo no lo son para el primero, lo que ya establece una precaución a tener en cuenta, de tal modo que las diferencias expuestas siempre se han referido al primer método y no al segundo. Por otro lado, como es sabido, el método estadístico *t* depende no sólo de la diferencia entre las medias, sino también de otras variables (desviaciones típicas y tamaño de las muestras); por tal motivo, se observa que pequeñas diferencias en las medias a veces son significativas y en otros casos no. Esto sugiere que incluso el tamaño del efecto de algunas de las diferencias estadísticamente significativas obtenidas es pequeño, y dichas diferencias podrían deberse más a la influencia de las otras variables –tal puede ser en el caso de las referentes a las cuestiones 20.111 y 60.611, que son los ejemplos más claros de proximidad entre ambos

grupos, aunque con diferencias significativas. En suma, la interpretación de las diferencias estadísticas entre el profesorado y el alumnado apunta que algunas podrían no tener significación práctica, lo cual conduce a una conclusión más conservadora aún: que las diferencias prácticas entre profesores y alumnos podrían ser todavía menores que las deducidas únicamente a partir de la significación estadística.

Teniendo en cuenta esta consideración previa, los resultados obtenidos deben evaluarse como insuficientes e insatisfactorios desde una perspectiva global. Insuficientes porque, tanto para el profesorado como para el alumnado, las puntuaciones medias obtenidas representan –con pocas excepciones (en algunas cuestiones la media es más alta o más baja)– posturas moderadas en la escala actitudinal. Insatisfactorios porque las diferencias entre alumnos y profesores no son muchas, cuando por su distinta formación sería plausible esperar que fueran más amplias. La puntuación del profesorado es tan sólo algo mayor que la del alumnado (1,71 *vs.* 1,60), aunque la diferencia a su favor es estadísticamente significativa y sus respuestas son mejores en más del 40% de las cuestiones (los estudiantes aventajan a los profesores en menos del 10% de las preguntas).

Por otro lado, en los resultados, se advierte que las insuficiencias y limitaciones no aparecen de forma uniforme en todas las dimensiones del COCTS. Por ejemplo, las respuestas adecuadas del profesorado en la dimensión correspondiente a la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología son menos de la mitad de las obtenidas cuando se pregunta acerca de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y en el caso de los estudiantes esta reducción es aún más drástica (las respuestas adecuadas son poco más de una tercera parte). Además, se ha comprobado también la influencia diferencial del contexto local, regional o nacional –que implica la existencia de distintas normas socia-

les, culturales y políticas— en las actitudes de las personas encuestadas; de modo que este resultado, aunque no era un propósito central de este trabajo, le añade una dimensión transcultural de gran importancia en los estudios sobre cuestiones actitudinales.

Los resultados de este trabajo tienen diversas implicaciones, tanto para el profesorado de ciencias, como para la educación CTS del alumnado y la investigación relacionada con la evaluación de creencias y actitudes CTS. Las actitudes del profesorado sugieren la necesidad de mejorar su percepción de las cuestiones CTS. Si los profesores de ciencias —principales responsables de educar las actitudes CTS de los alumnos— sostienen creencias inadecuadas que, además, no están muy alejadas de las de estos, la necesidad de una formación específica en CTS destinada a mejorar la capacitación de los profesores y permitirles afrontar con eficacia la mejora del aprendizaje de los estudiantes parece obvia.

Reclamar una formación específica del profesorado de ciencias en estas cuestiones no es —no puede ser— simplemente una demanda más a añadir a las que ya soportan la institución escolar y los sufridos profesores. Se trata de una necesidad clave para poder innovar en la enseñanza de la ciencia y la tecnología; lograr la alfabetización científica de todos los ciudadanos —y especialmente de las ciudadanas, las personas que no van a ser científicos y las minorías étnicas—; y proporcionar una ciencia escolar verdaderamente fructífera y relevante para sus vidas privadas y profesionales, y su participación social activa. Por ello, esta propuesta de formación en CTS no va dirigida sólo a los profesores, ya que —aunque su acendrada responsabilidad profesional podría, sin duda, impulsar su desarrollo— hay que tener en cuenta que los principales obstáculos que se presentan a la hora de implementar este tipo de formación son más bien institucionales y es improbable que los docentes puedan supe-

rarlos por sí mismos. Las instituciones y las autoridades educativas deberían dejar a un lado la retórica y llenar de contenido real muchos de los objetivos curriculares de primaria, secundaria y Bachillerato que proponen temas y cuestiones CTS, ya que estos carecen después de correlato en el diseño curricular de los contenidos y en los criterios de evaluación que se establecen, y — pese a su carácter innovador y progresista— se convierten, sobre todo en las contrarreformas de los currículos recientemente planteadas por el MECD, en un adorno puramente estético del discurso psicopedagógico. En consecuencia, estas carencias curriculares se extienden también de manera natural a la formación promovida institucionalmente por los agentes formadores —CPR, ICE y universidades—, pues no se forma al profesorado para tratar aquellas cuestiones que no están sustentadas ni por los contenidos vigentes ni por el impulso institucional. La demanda de formación en CTS está avalada también por las reformas emprendidas en la mayoría de los países occidentales (v., p. ej., AAAS, 1993; NRC, 1996), que tratan de innovar e intentar fomentar la necesaria formación del profesorado. A estas reformas internacionales se suman también las propuestas y requerimientos de las autoridades e instituciones educativas más prestigiosas del mundo (OEI, 2001; UNESCO, 1994; UNESCO-ICSU, 1999 a, 1999 b).

El complejo choque intercultural y social que se está produciendo entre la cultura científica y la cultura tradicional en muchas sociedades desarrolladas y en vías de desarrollo exige también que se fomente este tipo de formación, debido a la creciente globalización de las tecnologías y a la penetrante influencia de la investigación, el desarrollo y la innovación en la sociedad. La asimilación social de estos impactantes cambios sólo será posible si la escuela asume el reto de enfrentarse con seriedad a esta crisis cultural, y promueve una auténtica renovación que permita la

alfabetización científica y tecnológica de toda la ciudadanía. El profesorado no sólo debe tener la formación necesaria para liderar de manera formal este cambio, sino que debe ser capaz de llevarlo a la práctica diaria del aula –punto clave de la innovación–, y esto, tal como sugieren y demuestran diversos estudios (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Lederman, 1992, 1999), plantea dificultades tanto reales como prácticas. Algún autor va incluso más lejos, y propone una formación de tipo epistemológico e histórico para todo el profesorado, sea o no de ciencias, pues considera que esta es la forma más efectiva de gestionar el cambio epistemológico necesario para afrontar esta colisión multicultural (Ortega, 2000).

Así pues, los argumentos expuestos justifican sobradamente el interés y la pertinencia del diagnóstico de las actitudes y creencias CTS del profesorado y el alumnado; sobre todo cuando –como en el caso de esta investigación– se expone, de manera sistemática y utilizando procedimientos e instrumentos de los más novedosos entre los disponibles en la actualidad, un diagnóstico de la realidad actual y de las necesidades de formación detectadas. Como se afirma en el Proyecto 2000+ (UNESCO, 1994): «La eficacia de los profesores de ciencia se nota cuando muestran entusiasmo para promover actitudes positivas hacia la ciencia y tecnología en la sociedad». Por eso, a la vista de los resultados de este estudio, proponer formar al profesorado en CTS es realmente innovador y está en consonancia con las más importantes y actuales recomendaciones internacionales.

A la hora de realizar un hipotético diseño de tal formación, los resultados diferenciales de las diversas dimensiones CTS obtenidos en este estudio constituyen un amplio diagnóstico de las ideas previas y permiten determinar las áreas más necesitadas de atención, que deberían tratarse

directamente y con más intensidad en los programas y cursos de formación destinados a mejorar los conocimientos y actitudes CTS de los profesores. Esta mejora será posible si se transmite de forma explícita información sobre estas cuestiones y se facilitan oportunidades para reflexionar sobre ellas, pues está demostrado que – pese a la influencia de los mensajes implícitos en el aprendizaje de estos temas (Moss, Abrams y Robb, 2001; Ryder y Leach, 1999)– una formación meramente implícita no permite conseguir estos objetivos (AAAS, 1993; Lederman, 1992, 1999; Monk y Osborne, 1997). Un ejemplo notorio, que demuestra la necesidad de esta formación, es la adecuada comprensión de una dimensión CTS muy importante: la naturaleza del conocimiento científico (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, 1996, 2000a; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Manassero y Vázquez, 2000), aunque también hay otras áreas en las que el profesorado presenta notables limitaciones. La formación de los profesores en CTS es necesaria y urgente; sin embargo, no resulta suficiente por sí sola, pues está demostrado que crear las actitudes adecuadas en el profesorado no garantiza que éstas se transfieran al alumnado, tal y como han puesto de manifiesto diferentes estudios (Lederman, 1992; Mellado, 1997, 1998). Por tanto, la formación del profesorado es una condición necesaria pero no suficiente para garantizar la educación en CTS del alumnado. Algunos especialistas atribuyen esta discordancia a la intervención de otros muchos factores contextuales que, sin duda, hacen que el discurso pierda gran parte de la coherencia cuando se pasa del plano teórico al desarrollo de la práctica en el aula, de tal manera que, en clase, profesores con formación suficiente no prestan a las cuestiones CTS la atención que merecen. La identificación y delimitación de los factores que facilitan o impiden que las cuestiones CTS

se aborden en el aula tendrá que guiar las futuras investigaciones sobre el tema.

Desde la perspectiva escolar de la educación CTS, es evidente la necesidad de desarrollar currículos expresamente preparados para ello, basados en la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia, que constituyen buena parte de la base CTS. Estas disciplinas no forman parte del currículo universitario de un profesor de ciencias; además, son complejas, dialécticas y cambiantes, y en ellas el consenso es limitado, porque todavía están candentes controversias y desacuerdos (Alters, 1997; Eflin, Glennan y Reisch, 1999). Por ello, las propuestas de contenidos y métodos suelen apostar por la moderación, y evitan la excesiva abstracción y el tratamiento de las cuestiones más académicas y teóricas, que no favorecen la conexión con la vida diaria de los estudiantes ni las correspondientes aplicaciones (Matthews, 1998). Hoy día, parece claro que, en los niveles básicos y obligatorios, una enseñanza de la ciencia destinada a todos los ciudadanos no debe reducirse a preparar a los estudiantes para llegar a ser científicos o profesionales especialistas en un área de la ciencia o tecnología, porque la inmensa mayoría de ellos no lo será. Paralelamente a este argumento, el objetivo de los programas innovadores CTS tampoco debe ser formar historiadores, filósofos o sociólogos de la ciencia, sino solamente llegar a hacer comprender mejor a los estudiantes cómo funcionan la ciencia y la tecnología en el mundo actual, sobre todo en aquellos aspectos que puedan ser más relevantes y significativos para la vida de una persona. Esto sólo será posible si los programas CTS se adaptan a la edad, la etapa y la modalidad de estudios del alumnado.

Dada la naturaleza dialéctica e impregnada de valores de estas disciplinas, los temas CTS constituyen un ejemplo de contenidos actitudinales. La educación CTS supone, pues, un aprendizaje con una importante carga axiológica y actitudinal,

por lo que habrá que tener en cuenta sus componentes cognitivos, afectivos y conductuales. Este aprendizaje actitudinal no debería caer en el adoctrinamiento, esto es, la búsqueda de la adhesión de los estudiantes (o los profesores) a una u otra posición particular de la filosofía o sociología de la ciencia, ya que esto limitaría su formación y supondría un fraude a la realidad dialéctica. El objetivo sería, más bien, tratar de presentar las diversas perspectivas existentes y animar a los alumnos a interesarse por las diferentes formas de entender la ciencia y la tecnología, con el fin de que pudieran valorarlas críticamente, llegasen a comprenderlas mejor, y, sobre todo, asimilaran la idea clave de que, en estas cuestiones, las concepciones también cambian (Vázquez y Manassero, 1995). Todo esto supone la exclusión de los enfoques educativos más reduccionistas, que prácticamente se centran en el estudio de una única corriente de pensamiento, que ven como paradigma o panacea de los planteamientos epistemológicos y sociales de la ciencia y la tecnología (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). Por el contrario, hay que tratar de presentar los asuntos más controvertidos desde una pluralidad de autores, opiniones y enfoques, aunque con una profundidad y extensión coherente siempre con las capacidades y el nivel de los estudiantes.

Respecto a la investigación en sí misma, la metodología seguida supone un avance respecto a estudios anteriores (Acevedo, 1992, 1993, 1994; Aikenhead, Ryan y Fleming, 1989; Ben-Chaim y Zoller, 1991; Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996; Zoller et al. 1990, 1991a, 1991b; Zoller y Ben-Chaim, 1994). En muchos de los trabajos precedentes, de enfoque psicométrico, los autores clasificaban como buenas o malas las respuestas dependiendo de sus propios estándares, e incluso —en algún caso— estaba implícito el modelo de ciencia aplicado o el objeto de actitud valorado, con los problemas de validez que eso com-

porta. Sin embargo, en este trabajo, las puntuaciones asignadas se basan en una valoración previa realizada por un panel de jueces expertos que elaboró una clasificación de cada una de las opciones. Aunque los datos sobre las actitudes y creencias CTS del alumnado y el profesorado se han obtenido –al igual que en los estudios llevados a cabo en Canadá e Israel– siguiendo un modelo de respuesta única, su clasificación se ha basado en una baremación previa realizada por un panel de jueces expertos mediante un modelo de respuesta múltiple, que es mucho más completo. Así mismo, las puntuaciones se han calculado siguiendo la escala propuesta por Vázquez y Manassero (1999), más adecuada que la de Rubba, Schoneweg y Harkness (1996). Sin embargo, todavía sería posible mejorar el procedimiento y la propia investigación si las personas encuestadas contestaran siguiendo también un modelo de respuesta múltiple, ya que esta metodología permitiría ampliar la cantidad de la información recogida, mejorar su calidad, y profundizar en las posibles diferencias entre profesores y estudiantes (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS: *Benchmarks for Science Literacy: A project 2061 report*. Nueva York, Oxford University Press, 1993.
- ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G.: «The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural», en *Science Education*, 82, 4 (1998), pp. 417-436.
- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G.: «The influence of History of Science Course on Students' Views of Nature of Science», en *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 10 (2000), pp. 1.057-1.095.
- ACEVEDO, J. A.: «Cuestiones de sociología y epistemología de la ciencia. La opinión de los estudiantes», en *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 6, (1992), pp. 167-182.
- «¿Qué piensan los estudiantes sobre la ciencia? Un enfoque CTS», en *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra, IV Congreso (1993), pp. 11-12.
- «Los futuros profesores de Enseñanza Secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias», en *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19 (1994), pp. 111-125. Versión electrónica corregida y actualizada en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo8.htm>>, 2001.
- «La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática», en *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26 (1996), pp. 131-144. Versión electrónica corregida y actualizada en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo9.htm>>, 2001.
- «Cómo puede contribuir la Historia de la Técnica y la Tecnología a la educación CTS», en JIMÉNEZ R.; WAMBA A. (eds.): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, 1997, pp. 287-292. Versión electrónica corregida y actualizada en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo3.htm>>, 2001.
- «Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial», en *Bordón*, 52, 1 (2000a), pp. 5-16.
- *Evaluación de creencias sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad en Educación*. Conferencia impartida en las I Jornadas Universitarias de Nerva: Ciencia, Tecnología y Humanismo en la Sociedad Actual. Concejalía de Educación del Excelentísimo Ayuntamiento de Nerva

- y Universidad de Huelva. <http://www2.uhu.es/julio_gallego/curso%20de%20Nerva1.htm>, 2000b.
- AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G.; FLEMING, R. W.: *Views on science-technology-society (form CDN. mc. 5)*. Saskatoon, Canadá, Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan, 1989.
- AKERSON, V. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G.: «Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science», en *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 4 (2000), pp. 295-317.
- ALTERS, B. J.: «Whose nature of science?», en *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1 (1997), pp. 39-55.
- BEN-CHAIM, D. y ZOLLER, U.: «The STS outlook profiles of Israeli High School students and their teachers», en *International Journal of Science Education*, 13, 4 (1991), pp. 447-458.
- BERNAL, J. D.: *Science in History*. Londres, Watts, 1964. (Hay trad. cast. de CAPELLA J. R.: *Historia social de la ciencia*. Barcelona, Península, 1967).
- BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. (eds.): *The social construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MA, MIT Press, 1987.
- BUNGE, M.: *The sociology-philosophy connection*. New Brunswick, NJ, Transaction Publishers, 1999. (Hay trad. cast. de GONZÁLEZ M. A.: *La relación entre la sociología y la filosofía*. Madrid, EDAF, 2000).
- CARDWELL, D.: *The Fontana History of Technology*. Londres, Harper Collins Publishers, 1994. (Hay trad. cast.: *Historia de la Tecnología*. Madrid, Alianza, 1996).
- ECHEVERRÍA, J.: *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX*. Barcelona, Cátedra, 1999.
- EFLIN, J. T.; GLENNAN, S.; REISCH, R.: «The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science», en *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1 (1999), pp. 107-116.
- FLEMING, R. W.: «High school graduates' beliefs about science-technology-society (II). The interaction among science, technology and society», en *Science Education*, 71, 2 (1987), pp. 163-186.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, M. I.; LÓPEZ-CEREZO, J. A.; LUJÁN, J. L.: *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid, Tecnos, 1996.
- IRANZO, J. M.; BLANCO, J. R.: *Sociología del conocimiento científico*. Madrid, CIS, 1999.
- IRANZO, J. M.; BLANCO, J. R.; GONZÁLEZ DE LA FE, T.; TORRES, C.; COTILLO, A.: *Sociología de la ciencia y la tecnología*. Madrid, CSIC, 1995.
- KRANZBERG, M.: «The uses of History in studies of Science, Technology and Society», en *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 10, 1 (1990), pp. 6-11.
- LAMO, E., GONZÁLEZ, J. M.; TORRES, C.: *La sociología del conocimiento y de la ciencia*. Madrid, Alianza, 1994.
- LEDERMAN, N. G.: «Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research», en *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (1992), pp. 331-359.
- «Teachers' understanding of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship», en *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 8 (1999), pp. 916-929.
- MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A.: «Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia», en *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37 (2000), pp. 187-208.
- MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A.; ACEVEDO, J. A.: *Avaluació de temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca, Conselleria d'Educació i Cultura, 2001.
- MATTHEWS, M. R.: *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Nueva York, Routledge, 1994.

- «In defense of modest goals when teaching about the nature of science», en *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (1998), pp. 161-174.
- MELLADO, V.: «Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science», en *Science & Education*, 6 (1997), pp. 331-354
- «La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales», en BANET E.; DE PRO A. (eds.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol I. Murcia, DM, 1998, pp. 272-283.
- MITCHAM, C.: *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona, Anthropos, 1989.
- MONK, M.; OSBORNE, J.: «Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy», en *Science Education*, 81 (1997), pp. 405-424.
- MOSS, D. M.; ABRAMS, E. D.; ROBB, J.: «Examining student conceptions of the nature of science», en *International Journal of Science Education*, 23, 8 (2001), pp. 771-790.
- NRC: *National Science Education Standards*. Washington, DC, National Academic Press, 1996.
- OEI: *Memoria de la programación 1999-2000*, Madrid, OEI, 2001, pp. 121-134. Disponible en <<http://www.oei.es>>.
- ORTEGA, M. L.: «La naturaleza de la ciencia y la formación del profesorado: reflexiones desde los estudios sobre la ciencia», en *Tarbiya*, 24 (2000), pp. 5-18.
- RUBBA P. A.; SCHONEWEG, C.; HARKNESS, W. L.: «A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument», en *International Journal of Science Education*, 18, 4 (1996), pp. 387-400.
- RYDER, J.; LEACH, J.: «University science students' experiences of investigative project work and their images of science», en *International Journal of Science Education*, 21 (1999), pp. 945-946.
- SMITH, M. R.; MARX, L. (eds.): *Does technology drive history? The dilemma of technological determinism*. Cambridge, MA, MIT Press, 1994. (Hay trad. cast.: *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid, Alianza, 1996).
- SOLÍS, C., (comp.): *Alta tensión: Historia, filosofía y sociología de la ciencia*. Barcelona, Piados, 1998.
- UNESCO: *Science and Technology 2000+ Education for all. The Project 2000+ Declaration*. París, UNESCO, 1994.
- UNESCO-ICSU: *Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Ponencia presentada en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso. Budapest, Hungría, 26 junio-1 julio de 1999. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>>, 1999 a.
- : *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción*. Ponencia presentada en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso. Budapest, Hungría, 26 junio-1 julio de 1999. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestmarco.htm>>, 1999 b.
- VÁZQUEZ, A.; ACEVEDO, J. A.; MANASSERO, M. A.: «Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS», en MARTINS I. P. (coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência- Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais*, Aveiro, Universidade de Aveiro, 2000, pp. 219-230. Versión electrónica corregida y actualizada en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>>, 2001.
- VÁZQUEZ, A.; ACEVEDO, J. A.; MANASSERO, M. A.; ACEVEDO, P.: «Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia», en *Argumentos de Razón Técnica*, 4 (2001). (En prensa).

- VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A.: «Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual», en *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 3 (1995), pp. 337-346.
- : *Actituds de l'alumnat relacionades amb la ciència, la tecnologia y la societat*. Palma de Mallorca, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, 1998.
- : «Response and scoring models for the 'Views on Science-Technology-Society' Instrument», en *International Journal of Science Education*, 21, 3 (1999), pp. 231-247.
- ZOLLER, U.; BEN-CHAIM, D.: «Views of Prospective Teachers Versus Practising Teachers about Science, Technology and Society Issues», en *Research in Science & Technological Education*, 12, 1 (1994), pp. 77-89.
- ZOLLER, U.; DONN, S.; WILD, R.; BECKETT, P.: «Students' versus their teachers' beliefs and positions on science/technology/society-oriented issues», en *International Journal of Science Education*, 13, 1 (1991a), pp. 25-36.
- : «Teachers' beliefs and views on selected science-technology-society topics: A probe into STS literacy versus indoctrination», en *Science Education*, 75, 5 (1991b), pp. 541-561.
- ZOLLER, U.; EBENEZER, J.; MORELY, K.; PARAS, S.; SANDBERG, V.; TAN, S. H.; WEST, C.; WOLTERS, T.: «Goal attainment in science-technology-society (S/T/S) education and reality: The case of British Columbia», en *Science Education*, 74, 1 (1990), pp 19-36.