

Aplicación del cuestionario de opiniones CTS con una nueva metodología en la evaluación de un curso de formación CTS del profesorado

Ángel Vázquez Alonso
José Antonio Acevedo Díaz
M^a Antonia Manassero Mas

Introducción

Vivir en las actuales sociedades impregnadas de ciencia y tecnología requiere que los ciudadanos manejen conocimientos científicos y tecnológicos funcionales, que les permitan responder a las nuevas necesidades que se plantean, sean éstas democráticas, personales, profesionales, prácticas, culturales o lúdicas (Acevedo, 1996a, 2004; González-García, López-Cerezo y Luján, 1996; Vázquez, 1999). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) es un lema que designa un campo de estudios académicos y de investigación y, en la educación científica, una orientación que hace hincapié en presentar la ciencia y la tecnología en un contexto social, lo cual significa relacionarlas con la sociedad y mostrar sus conexiones con diversos ámbitos de ésta, como pueden ser los históricos, sociológicos, filosóficos, ambientales, económicos y culturales. Los estudios CTS se han desarrollado principalmente en tres áreas diferentes:

Vivir en las actuales sociedades impregnadas de ciencia y tecnología requiere que los ciudadanos manejen conocimientos científicos y tecnológicos funcionales, que les permitan responder a las nuevas necesidades que se plantean.

- Investigación académica sociológica, histórica y filosófica.
- Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I), esto es, políticas públicas de ciencia y tecnología, participación en las decisiones de gestión tecnocientífica y del riesgo, desarrollo sostenible, etc.
- Educación, promoviendo una nueva percepción de la ciencia y la tecnología, cuyo objetivo es comprender cómo funcionan éstas en el mundo actual, así como formar una ciudadanía alfabetizada científica y tecnológicamente, más que la adquisición de muchos conocimientos científicos ortodoxos.

Entendida en un sentido amplio, hay muchas formas de desarrollar la educación CTS y ésta tiene múltiples objetivos, aunque hoy en día se tienden a condensar en la máxima de alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, por el predicamento que han alcanzado estos dos lemas, que aparecen unidos en el presente (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). Aunque no existe un acuerdo unánime entre los especialistas a la hora de establecer el significado de ambos lemas, se puede sintetizar que la alfabetización científica intenta superar —sin olvidarlos— los objetivos de conocimientos básicos, promoviendo más formación en procedimientos y, sobre todo, en actitudes; esto es, mayor interés y conciencia hacia el papel de ciencia y tecnología en el mundo actual. Por su parte, la ciencia para todas las personas

pretende extender la alfabetización a toda la población sin restricciones, por oposición al elitismo que es habitual en la enseñanza propedéutica de las ciencias (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). Estas nuevas finalidades educativas tienen consecuencias curriculares, metodológicas y evaluadoras radicalmente diferentes a la enseñanza de las ciencias tradicional; alfabetizar a todas las personas requiere enseñar contenidos inclusivos y no excluyentes, insistir en el aprendizaje de procedimientos y actitudes y adoptar criterios de evaluación más acordes con estos planteamientos (Aikenhead, 1994, 2003).

El desarrollo de una orientación educativa CTS en la enseñanza de las ciencias es un proceso de innovación donde, como es habitual, juega un papel clave la formación explícita del profesorado sobre estas cuestiones, que ha sido prácticamente inexistente hasta ahora. En este marco, el diagnóstico de las creencias CTS de los estudiantes y el profesorado es un problema relevante de la investigación por la necesidad de conocer sus creencias iniciales y los aprendizajes alcanzados; sin embargo, no es un asunto sencillo y está jalonado de fallos por dos razones principales. En primer lugar, por la propia naturaleza dialéctica, poliédrica y compleja del objeto evaluado —los temas CTS, la empresa científico-tecnológica y sus relaciones con la sociedad—. En segundo lugar, por las dificultades inherentes a la propia tarea de evaluación, que debe afrontar importantes problemas metodológicos relativos a la

validez y fiabilidad de los procedimientos e instrumentos de evaluación aplicados en la investigación (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Gardner, 1996; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001a,b, 2003; Vázquez y Manassero, 1995).

El acuerdo entre filósofos, historiadores, sociólogos y educadores en ciencias sobre las cuestiones CTS está muy condicionado por factores culturales e ideológicos, de modo que es limitado y coexiste con discrepancias sobre ciertos temas (Alters, 1997; Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). El carácter complejo y polémico de las creencias CTS surge en parte por la naturaleza provisional y cambiante propia de estos temas interdisciplinarios, lo cual requiere una comprensión y aprendizaje diferentes. Esta complejidad y falta global de acuerdo dificulta en buena parte la transposición didáctica, la pertinencia de los temas CTS para la enseñanza de las ciencias y también la evaluación de estas cuestiones. No obstante, a pesar de estas dificultades, algunos autores se atreven ya a sugerir espacios de consenso que pueden servir de base para construir una visión más adecuada de la ciencia y la tecnología de hoy en día (McComas, Clough y Almazroa, 1998).

Ahora bien, los resultados de numerosos trabajos han mostrado que el profesorado carece de una preparación adecuada y adaptada a las ideas actuales sobre los temas CTS en general (Acevedo, 1994; Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002;

Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2002; Ben-Chaim y Zoller, 1991; Fleming, 1988; Lederman, 1992; Rubba y Harkness, 1993; Zoller y Ben-Chaim, 1994; Zoller, Donn, Wild y Beckett, 1991, entre otros), por lo que la formación del profesorado tiene una deuda pendiente en este campo, como se viene reclamando desde hace mucho tiempo. Sin embargo, el profesorado no es el principal responsable de esta situación, porque no ha sido preparado institucionalmente para ello. Además, la problemática es todavía más profunda, pues incluso en aquellos casos en que los profesores tienen suficiente formación, se ha demostrado que no suelen ponerla en práctica en el aula por muchos y variados motivos, que suelen estar más relacionados con las dificultades propias para implantar cualquier innovación educativa (Lederman, 1992, 1999; Mellado, 1996, 1997; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Schwartz y Lederman, 2002).

Este estudio pretende mostrar la capacidad de un instrumento y una nueva metodología de evaluación de las creencias y actitudes relacionadas con los temas CTS para contrastar hipótesis estadísticamente. La metodología cuantitativa aplicada ha sido desarrollada previamente en una serie de investigaciones de acuerdo con la siguiente secuencia:

- La construcción y adaptación del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad –COCTS– y su aplicación con un modelo de

respuesta única –MRU– (Manassero y Vázquez, 1998).

- El análisis de las limitaciones del MRU y la propuesta de un nuevo modelo de respuesta múltiple –MRM–, más válido, eficaz y completo (Vázquez y Manassero, 1999), que se sostiene en la clasificación de las frases de las cuestiones del COCTS por un panel de jueces expertos mediante procedimientos de escalamiento en tres categorías –Adecuada, Plausible e Ingenua–.
- Una métrica hecha operativa por un conjunto de índices actitudinales normalizados que son invariantes (Acevedo, Acevedo, Vázquez y Manassero, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001a; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000).

Se presenta aquí la aplicación de esta metodología para comprobar la eficacia de un curso de formación CTS, que pretende provocar cambios positivos y significativos en las actitudes CTS del profesorado. En concreto, el diseño de esta investigación va dirigido a contrastar estadísticamente la siguiente hipótesis: *el curso de formación CTS desarrollado mejora las actitudes hacia los temas CTS del grupo de profesorado de ciencias participante.*

Metodología

Muestra

Los participantes en esta investigación son un grupo de 25 profesores de secundaria

en ejercicio (14 hombres y 11 mujeres), inscritos en un curso de formación continua sobre temas CTS. Las especialidades predominantes son de ciencias (13 de Química y el resto de Física, Biología, Ingenierías y Matemáticas, aunque también hay 3 de Filosofía). La experiencia media del grupo es de aproximadamente 6 años de docencia (15 tienen menos de 5 años), contando el profesor más veterano con 23 años de antigüedad.

Instrumento

Las cuestiones aplicadas en este estudio se han extraído del COCTS, un banco de 100 cuestiones CTS que ha sido construido y mejorado a lo largo de varias etapas (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001a; Vázquez y Manassero, 1999). Todas las cuestiones del COCTS tienen el mismo formato de elección múltiple, que se inicia con una cabecera de pocas líneas donde se plantea un problema CTS respecto al cual se desea conocer la actitud de una persona. Después sigue una lista de frases que ofrecen un abanico de diferentes respuestas razonadas sobre el tema planteado, junto con tres opciones fijas que recogen algunos motivos para no responder la cuestión, tales como "No entiendo la cuestión", "No sé lo suficiente sobre el tema para seleccionar una opción" y "Ninguna de las opciones satisface básicamente mi opinión" (véase el texto de una cuestión en la tabla 1). Este formato de opción múltiple permite a los

Tabla 1

Ejemplo de cuestión del COCTS. En la columna sombreada de la derecha se indica la categoría Adecuada (A), Plausible (P) o Ingenua (I) correspondiente a cada opción

10211 Definir qué es la tecnología puede resultar difícil porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:

Para cada una de las frases siguientes, marca el número de la escala que represente mejor el grado de acuerdo entre tu propia opinión y la posición expuesta en la frase

	Grado de Acuerdo									CAT
	Bajo								Alto	
A. Muy parecida a la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
B. La aplicación de la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
C. Nuevos procesos, instrumentos, maquinaria, herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores o aparatos prácticos para el uso de cada día.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
D. Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismos, máquinas.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
E. Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
F. Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
G. Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores; y para el progreso de la sociedad.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
H. Saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinaria, aparatos).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P

Si alguna de las frases siguientes es aplicable a las opciones anteriores, escribe la letra de la opción a su lado

1. No lo entiendo.
2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.
3. Ninguna de estas opciones satisface básicamente mi opinión.

participantes expresar sus propios puntos de vista sobre una amplia gama de aspectos de cada cuestión, que tal vez no aparecerían en una respuesta libre; de esta manera, la actitud conformada por la valoración de las diferentes posibilidades contempladas en las frases es más rica, precisa y completa.

Un rasgo del COCTS a resaltar es su construcción empírica, a partir de entrevistas, cuestionarios y respuestas abiertas previas de personas similares a las que se les va a aplicar el cuestionario —estudiantes y profesores—, las cuales se interpretaron de manera cualitativa; de este modo, las frases incluidas en las cuestiones sintetizan sus principales creencias sobre cada tema planteado (Aikenhead y Ryan, 1992; Rubba y Harkness, 1993).

Las 18 cuestiones elegidas para este estudio representan la mayoría de las dimensiones y temas que aborda el COCTS (véanse en la tabla 2). Cada frase se codifica mediante un número de cinco cifras seguido de una letra. El número se refiere a las distintas dimensiones, temas y subtemas, mientras que la letra final indica el lugar relativo de la frase dentro de cada cuestión, siguiendo una ordenación alfabética (A, B, C...).

Procedimiento

Las cuestiones seleccionadas se aplicaron al profesorado participante como parte de

una actividad dirigida a explorar sus actitudes y creencias previas sobre los temas CTS. El modelo de respuesta empleado es de respuesta múltiple —MRM—, donde la persona que responde al problema planteado en cada cuestión valora sobre una escala de nueve puntos su grado de acuerdo o desacuerdo con cada una de las frases que se proporcionan (Manassero y Vázquez, 1998; Vázquez y Manassero, 1999). Cada una de estas valoraciones o puntuaciones directas se transforma después en un índice actitudinal (véase en la tabla 3), teniendo en cuenta la clasificación en tres categorías —Adecuada, Plausible e Ingenua— asignada previamente a cada frase por un panel de jueces expertos. Este índice mide el grado de sintonía de la puntuación directa otorgada con la categoría asignada a cada frase (Acevedo, Acevedo, Vázquez y Manassero, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001a; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000).

El MRM aplicado permite obtener índices de actitud normalizados (-1, +1) para cada frase, en función de la categoría previamente asignada; las adecuadas se valoran tanto más alto cuanto la puntuación dada se aproxime más al 9, las ingenuas cuanto más cercana esté al 1 y las plausibles —que incluyen aspectos parcialmente adecuados— cuanto más cercana esté al 5 —el valor central de la escala—. Con estos índices de las frases se calculan otros tres índices normalizados para cada cuestión —con valores comprendidos en el intervalo

Tabla 2
Especificaciones de las cuestiones del COCTS aplicadas en este estudio

Ptemas	Subtemas	# Cuestión
Definiciones		
1. <i>Ciencia y Tecnología</i>	01. Ciencia	10111
	02. Tecnología	10211
	04. Interdependencia	10412*
		10413*
Sociología Externa de la Ciencia		
2. <i>Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/Tecnología</i>	04. Ética	20411
	05. Instituciones educativas	20511
	06. Grupos de interés especial	20611
	08. Influencia general	20811*
20821*		
4. <i>Influencia de Ciencia/Tecnología sobre la Sociedad</i>	01. Responsabilidad social	40111
	02. Decisiones sociales	40211
Sociología Interna de la Ciencia		
6. <i>Características de los científicos</i>	01. Motivaciones	60111
	05. Efectos de género	60511
7. <i>Construcción social del conocimiento científico</i>	02. Decisiones científicas	70211
Epistemología		
9. <i>Naturaleza del conocimiento científico</i>	02. Modelos científicos	90211
	05. Hipótesis, teorías y leyes	90511
	06. Aproximación a las investigaciones	90611
	10. <i>Status</i> epistemológico	91011

(-1, +1)—, uno para cada categoría de frases adecuadas, plausibles e ingenuas —la media de los índices de las frases correspondientes a cada categoría—, así como

un índice de actitud ponderado —el promedio de los tres anteriores en cada cuestión—, que son los indicadores globales de la actitud de cada persona hacia el tema

Tabla 3

Modelo de Respuesta Múltiple para una cuestión del COCTS. Significado de las puntuaciones directas de acuerdo/desacuerdo con cada frase alternativa, asignaciones de puntos en la escala de valoración y procedimientos de cálculo de los índices actitudinales a partir de las puntuaciones directas

Categorías	Número de posiciones	Escala de valoración: Transformación de las puntuaciones puntuaciones directas									Puntuaciones Actitudinales directas			Índices de actitud de las categorías			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máximo	Fórmula	Mínimo	Máx.	Fórmula	Min.	
Escala directa		Total	Casi Total	Alto	Parcial Alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	Casi bajo	Nulo							
Grado de Acuerdo																	
Adecuada	N_a	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	$+4N_a$	$3 a_j$	$-4N_a$	+1	$I_a = 3 a_j / 4N_a$	-1	
Plausible	N_p	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	$+2N_p$	$3 p_j$	$-2N_p$	+1	$I_p = 3 p_j / 2N_p$	-1	
Ingenua	N_i	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	$+4N_i$	$3 i_j$	$-4N_i$	+1	$I_i = 3 i_j / 4N_i$	-1	
Total	N										Índice de actitud global			1	$I = (I_a + I_p + I_i) / 3$	-1	

a_j : puntuación de valoración directa para la frase "adecuada" j ;
 p_j : puntuación de valoración directa para la frase "plausible" j ;
 i_j : puntuación de valoración directa para la frase "ingenua" j ;
 3 : suma las puntuaciones directas desde $j=1$ a $j=N_a$ ($j=N_p$ o $j=N_i$) para el conjunto de las frases pertenecientes a cada una de las categorías "adecuada", "plausible" o "ingenua".

propuesto, de acuerdo con el método resumido en la tabla 3. Aunque la metodología empleada es cuantitativa, también permite hacer interesantes análisis cualitativos, tal y como podrá comprobarse a lo largo de este estudio.

El diseño experimental de este estudio se corresponde con un modelo ciego test/retest, en el que las personas participantes no conocían previamente la segunda aplicación hasta el momento de hacerla. Así pues, éstas respondieron las cuestiones en dos momentos diferentes, al inicio del curso para evaluar sus creencias iniciales —test— y al final del curso para valorar el cambio en las creencias atribuible al curso de formación —retest—.

Resultados

A continuación se exponen los principales resultados obtenidos respecto a las actitudes iniciales del profesorado, los aspectos más positivos —fuertes— y negativos —débiles— de estas actitudes CTS y la influencia del curso en la modificación de éstas.

Actitudes CTS iniciales del profesorado

Los índices promedios de la muestra, correspondientes a cada una de las frases de las diversas cuestiones aplicadas, se emplean para calcular los índices de actitud normalizados de los grupos de frases adecuadas, plausibles, e ingenuas, así como

el índice actitudinal ponderado de cada cuestión, que es el indicador más significativo en la metodología expuesta. Los resultados obtenidos se analizarán desde lo más general a lo más particular, haciéndose al final los correspondientes análisis cualitativos (véase la tabla 4).

El promedio inicial de los índices de actitud ponderados para las 18 cuestiones aplicadas a toda la muestra es positivo pero bajo (+0,109). Este indicador global sugiere que la actitud inicial del profesorado respecto al conjunto de todas las cuestiones es bastante modesta. En este nivel de generalidad, tal indicador está exhibiendo que las actitudes iniciales del profesorado tienen un pequeño ajuste positivo respecto a los estándares asignados por los jueces a las frases del COCTS, que es siempre la referencia a seguir para cualquiera de los índices calculados.

En el siguiente nivel de concreción, correspondiente al conjunto representado por los índices ponderados iniciales de cada cuestión, se observa cierta heterogeneidad, como cabría esperar siempre que se pasa de una medida más global a los datos que la han generado. El valor más positivo (+0,375) se obtiene en la cuestión 60511 acerca de la influencia del género en la ciencia, correspondiente a la dimensión de sociología interna de la ciencia; por el contrario, el índice ponderado más negativo (-0,132) es el de la cuestión 10412 sobre la relación entre ciencia y tecnología, que

Tabla 4

Resultados promedios de los índices de actitud normalizados para las 18 cuestiones del COCTS aplicadas en los momentos inicial y final

Cuestión	Inicial				Final			
	Adecuadas	Plausibles	Ingenuas	Índice Ponderado	Adecuadas	Plausibles	Ingenuas	Índice Ponderado
10111	0,350	-0,008	0,460	0,267	0,245	0,091	0,342	0,226
10211	0,300	0,063	-0,490	-0,042	0,304	0,069	-0,196	0,059
10412	—	-0,232	-0,032	-0,132	—	-0,028	0,047	0,009
10413	0,587	0,101	0,170	0,286	0,489	0,114	0,134	0,245
20411	—	0,131	-0,230	-0,049	—	0,223	-0,272	-0,024
20511	0,520	-0,171	0,358	0,235	0,380	0,066	0,166	0,204
20611	0,090	0,142	0,240	0,157	0,227	0,251	0,210	0,229
20811	0,160	-0,077	0,570	0,218	0,304	0,126	0,630	0,354
20821	0,177	0,125	0,035	0,112	0,175	0,057	0,133	0,122
40111	0,365	-0,007	0,130	0,163	0,337	0,094	-0,158	0,091
40211	0,094	-0,097	-0,120	-0,041	0,244	0,102	-0,233	0,038
60111	0,010	0,073	0,077	0,053	0,254	0,167	-0,088	0,111
60511	0,440	-0,166	0,850	0,375	0,688	-0,282	0,781	0,396
70211	0,350	0,125	-0,265	0,070	0,500	0,145	-0,188	0,152
90211	0,260	0,161	0,240	0,220	0,200	0,122	0,209	0,177
90511	-0,022	—	0,023	0,001	0,118	—	-0,072	0,023
90611	-0,396	-0,188	0,330	-0,084	-0,038	0,225	0,068	0,085
91011	0,292	0,130	0,056	0,159	0,450	0,213	-0,024	0,213
Promedio	0,224	0,006	0,133	0,109	0,305	0,103	0,083	0,151

pertenece a la dimensión de definiciones de la ciencia y la tecnología. Los índices ponderados de las demás cuestiones aplicadas se sitúan entre ambos valores extremos, con una ligera asimetría hacia los valores positivos. El hecho de que estos valores se encuentren en un rango tan pequeño indica también que las actitudes iniciales del profesorado no son muy buenas

ni muy malas, pues ningún índice tiene un valor positivo notable, aunque tampoco hay índices muy negativos.

El siguiente tramo del análisis efectuado es el de los índices de actitud normalizados de las tres categorías empleadas para clasificar las frases de las cuestiones —Adecuada, Plausible e Ingenua—, los cuales sirven para

calcular los anteriores índices ponderados. El índice de actitud promedio de cada categoría es positivo, aunque se observan apreciables diferencias entre ellos. El más alto es el de las frases adecuadas, el más bajo —muy próximo a cero— el de las plausibles y el de las ingenuas es intermedio entre los anteriores. Por tanto, el profesorado define inicialmente su actitud con mayor facilidad y más positivamente a través de las frases de las categorías más extremas —las adecuadas y las ingenuas—, mientras que lo hace peor en el caso de las frases plausibles.

Si se presta atención a los índices de estas tres categorías en todas las cuestiones, se obtienen valores aún más extremos que los anteriores, como cabría esperar de la mayor variabilidad del conjunto.

En el caso de las frases adecuadas, el índice más alto (+0,587) —bastante positivo— corresponde a la cuestión 10413 sobre la influencia de la tecnología en la ciencia, que tiene tres frases adecuadas bien puntuadas por los profesores participantes: (C) "*la disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica*" (D) "*los avances tecnológicos conducen a progresos en la ciencia*" y (F) "*la tecnología suministra herramientas y técnicas para la ciencia*". En el otro extremo, el índice más bajo de las frases adecuadas (-0,396) es el de la cuestión 90611 acerca del significado del método científico, con una frase adecuada mal valorada: (J) "[el método científico es]

considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente una cosa llamada método científico"; en otras palabras, el resultado muestra que el profesorado cree en la existencia de un método científico universal.

Para las frases ingenuas, el índice más elevado (+0,850) —muy positivo— es el de la cuestión 60511 sobre la influencia del género en la ciencia, con dos frases ingenuas bien identificadas por los profesores: (I) "*los hombres realizarían descubrimientos algo diferentes porque, los hombres son mejores que las mujeres en ciencia*" y (J) "*las mujeres probablemente realizarían descubrimientos algo mejores que los hombres, porque las mujeres son generalmente mejores que los hombres en algunas cosas como el instinto y la memoria*". Por el contrario, el índice más bajo (-0,490) —bastante negativo— corresponde a la cuestión 10211, relativa a la definición de tecnología, donde se considera a ésta como (B) "*la aplicación de la ciencia*", la cual es una de las creencias ingenuas del profesorado que aparece con más frecuencia en la bibliografía sobre este tema (Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2003).

Por último, en las frases plausibles, las variaciones observadas entre los índices de las distintas cuestiones son mucho menores que en las otras dos categorías anteriores. El máximo (+0,161) —muy bajo— es el de la cuestión 90211, que ofrece dos frases (D y G) con aspectos parcialmente aceptables

sobre la naturaleza de los modelos científicos. El mínimo (-0,232) —no demasiado negativo— corresponde a la cuestión 10412, la cual incluye hasta cuatro frases (C, D, E y F) con ciertos aspectos en parte adecuados respecto a la influencia de la ciencia en la tecnología.

Aspectos fuertes y débiles de las actitudes CTS iniciales del profesorado

El estudio de los índices individuales de las 136 frases (25 adecuadas, 64 plausibles y 47 ingenuas, según la clasificación de los jueces) contenidas en las 18 cuestiones aplicadas nos aproxima aún más a las creencias CTS concretas de los profesores, aunque, evidentemente, no se incluyen aquí los datos de todos estos índices por la excesiva extensión que supondría ello. Estas frases pueden considerarse equivalentes a las que dicen o escriben los participantes en las metodologías cualitativas y son interpretadas como claves por el investigador. El conjunto de la distribución de los 136 índices tiene una media de +0,098 y una desviación estándar de 0,300, que confirman el carácter escasamente positivo ya apuntado desde el punto de vista de los índices ponderados. Las valoraciones del profesorado son ahora mucho más diversas, teniendo como extremos dos frases ya citadas en los párrafos anteriores; el máximo (+0,880) corresponde a la frase 60511I "*las mujeres probablemente realizarían descubrimientos algo mejores que los hombres, porque las mujeres son generalmente mejores que los*

hombres en algunas cosas como el instinto y la memoria", y el mínimo (-0,490) a la 10211B "[la tecnología es principalmente] *la aplicación de la ciencia*".

A diferencia de los estudios cualitativos, la metodología aplicada permite diagnosticar las creencias más destacadas del profesorado mediante criterios más precisos y definidos; por ejemplo, aplicando un criterio de máxima desviación respecto a la media muestral. De este modo, no sólo afloran las creencias CTS cualitativas existentes en la muestra, sino que, además, se sopesa cuantitativamente su importancia. Para ello, se considera el conjunto de frases que tiene valores situados una desviación estándar por encima y por debajo del valor medio de la muestra; es decir, las que manifiestan las creencias CTS más positivas —aspectos fuertes— y más negativas —aspectos débiles— del profesorado, las cuales constituyen un inventario valioso de las actitudes más definidas del profesorado (véase la tabla 5). Hay 43 frases (cerca de un tercio de todas ellas) que representan estos aspectos más fuertes y más débiles, de las cuales 23 son ingenuas (el 49% de las así clasificadas), 11 adecuadas (44%) y 9 plausibles (sólo el 14%). Aunque los aspectos fuertes y débiles tienen un valor radicalmente diferente, la interpretación de ambos es similar desde el punto de vista de las respuestas del COCTS, pues ésta se refiere a la identificación del profesorado con la categoría asignada por los jueces a cada frase. Los aspectos fuertes son los que reflejan mayor coincidencia

entre las creencias del profesorado y los estándares fijados para las frases del COCTS, y los débiles justamente lo contrario —por ejemplo, cuando se valora como adecuada una frase ingenua (o viceversa)—. Desde la perspectiva del cambio de actitudes, los aspectos más débiles serían los que deberían trabajarse más intensamente para conseguir su mejora, aunque, en realidad, esta intervención debería extenderse a todas las frases que tienen un índice negativo, porque ello indica una desviación respecto a los estándares establecidos por los jueces y la actitud con él relacionada es susceptible de ser mejorada.

Se han encontrado 21 aspectos fuertes en las creencias CTS iniciales del profesorado, entre las que hay 8 adecuadas (casi un tercio de las frases adecuadas) relacionadas con la definición de ciencia (10111B), la influencia de la tecnología en la ciencia (10413C, D y F), los motivos por los que los alumnos deberían estudiar más ciencias (20511C), la preocupación de los científicos por los efectos de sus descubrimientos (40111D), la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre asuntos tecnocientíficos de interés público (40211D) y la influencia del género en los descubrimientos científicos (60511G). También es un aspecto fuerte de los profesores su capacidad para identificar hasta 12 creencias ingenuas (la cuarta parte de las frases ingenuas), que se refieren a definición de ciencia (10111B), las influencias de la ciencia en la tecnología (10412A) y, viceversa,

de la tecnología en la ciencia (10413A), la necesidad de que los alumnos estudien más ciencia (20511E y G), las influencias de la sociedad en la tecnología (20811A) y del género en los descubrimientos científicos (60511I y J), la naturaleza de los modelos científicos (90211A) y el significado del método científico (90611A, B y C). Asimismo, el profesorado reconoce el carácter parcial de una frase plausible (tan sólo el 1,5% de las existentes) sobre la influencia de las creencias éticas y religiosas en la investigación científica (20411D).

Sin embargo, por lo que tienen de mejorables y, por tanto, de educables, los aspectos débiles son los que quizás tienen más interés para la formación del profesorado. Entre los 22 detectados en este estudio se encuentran 3 frases clasificadas como adecuadas (el 12% de todas ellas) valoradas negativamente por el profesorado, las cuales tienen que ver con la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre asuntos tecnocientíficos de interés público (40211F), la motivación personal de los científicos en su trabajo (60111A) y el significado del método científico (90611J). En la misma línea, el profesorado también muestra 11 creencias ingenuas (casi la cuarta parte de las frases ingenuas) respecto a la definición de tecnología (10211B), las influencias de la ciencia en la tecnología (10412B y G), de la tecnología en la ciencia (10413G), de las creencias éticas y religiosas en la investigación científica (20411F) y de la sociedad en la ciencia

Tabla 5

Frases que reflejan las mejores y peores actitudes mediante los valores promedio más altos y más bajos de la aplicación inicial. El criterio seguido ha sido tomar en consideración los índices de actitud que tienen valores situados una desviación estándar por encima y por debajo del valor medio de la muestra

Cuestión / Frase		Promedio Inicial	Texto de las frases
10111B	A	0,580	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).
10111I	I	0,630	No se puede definir la ciencia.
10211B	I	-0,490	La aplicación de la ciencia.
10412A	I	0,781	La ciencia no influye demasiado en la tecnología.
10412B	I	-0,470	Tecnología es ciencia aplicada.
10412C	P	-0,440	El avance en ciencia conduce a nuevas tecnologías.
10412E	P	-0,240	La ciencia es el conocimiento base para la tecnología.
10412G	I	-0,406	La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.
10413A	I	0,700	La tecnología no influye en gran medida sobre la ciencia.
10413C	A	0,552	La disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica.
10413D	A	0,600	Los avances tecnológicos conducen a progresos en la ciencia.
10413F	A	0,610	La tecnología suministra herramientas y técnicas para la ciencia.
10413G	I	-0,360	La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.
20411D	P	0,420	Porque todos reaccionamos de manera diferente ante nuestras culturas. Estas diferencias individuales de los científicos influyen en el tipo de investigación que hacen.
20411F	I	-0,320	Porque la investigación continúa a pesar de los enfrentamientos entre los científicos y ciertos grupos religiosos o culturales (por ejemplo, entre partidarios de la evolución y defensores de la creación creacionistas).

Cuestión / Frase		Promedio Inicial	Texto de las frases
20511C	A	0,520	Se debe fomentar que los estudiantes estudien más ciencias, pero un tipo diferente de cursos de ciencias. Deben aprender cómo la ciencia y la tecnología afectan a sus vidas diarias.
20511E	I	0,410	Porque no funcionará. A algunas personas no les gusta la ciencia. Si se les fuerza a estudiarla, será perder el tiempo y les alejará de la ciencia.
20511G	I	0,530	Porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia. La ciencia no es realmente necesaria para todos.
20811A	I	0,570	La sociedad no influye demasiado en la tecnología.
20811B	P	-0,440	Las necesidades de la sociedad crean demandas a la tecnología.
20821B	I	-0,220	La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.
40111D	A	0,438	Los científicos se preocupan, pero posiblemente no pueden saber todos los efectos a largo plazo de sus descubrimientos.
40111F	P	-0,292	Depende del campo de la ciencia. Por ejemplo, en medicina los científicos están muy preocupados; sin embargo, en energía nuclear o investigación militar, los científicos se preocupan menos.
40211D	A	0,500	La decisión debería ser tomada de manera compartida. Las opiniones de los científicos e ingenieros, otros especialistas y los ciudadanos informado deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad.
40211F	A	-0,313	Los ciudadanos deberían decidir, porque la decisión afecta a todos; pero científicos e ingenieros deberían aconsejar.
60111A	A	-0,270	Ganar reconocimiento, ya que de lo contrario su trabajo no se aceptaría.
60111G	I	-0,210	Descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, remedios médicos, soluciones a la contaminación, etc.).

Cuestión / Frase		Promedio Inicial	Texto de las frases
60511A	P	-0,440	Porque cualquier buen científico hará el mismo descubrimiento que otro buen científico.
60511B	P	-0,400	Porque científicos y científicas tienen la misma formación.
60511C	P	-0,240	Porque por encima de todo los hombres y las mujeres son igual de inteligentes.
60511G	A	0,440	Porque cualquier diferencia en sus descubrimientos son debidas a las diferencias individuales. Tales diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer.
60511I	I	0,880	Los hombres realizarían descubrimientos algo diferentes porque, los hombres son mejores que las mujeres en ciencia.
60511J	I	0,820	Las mujeres probablemente realizarían descubrimientos algo mejores que los hombres, porque las mujeres son generalmente mejores que los hombres en algunas cosas como el instinto y la memoria.
70211A	I	-0,330	Porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica.
90211A	I	0,729	Porque los científicos dicen que son verdaderos, por tanto deben serlo.
90511A	I	-0,292	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.
90611A	I	0,479	Procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico.
90611B	I	0,594	Registrar datos muy cuidadosamente.
90611C	I	0,594	Controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.
90611G	P	-0,208	Plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.

Cuestión / Frase		Promedio Inicial	Texto de las frases
90611I	I	-0,208	Una actitud que guía a los científicos en su trabajo.
90611J	A	-0,396	Considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente una cosa llamada método científico.
91011B	I	-0,313	Porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.

(20821B), la motivación personal de los científicos en su trabajo (60111G), los desacuerdos entre los científicos (70211A), los significados de las leyes, hipótesis y teorías científicas (90511A) y del método científico (90611I), así como el *status* epistemológico de las leyes, hipótesis y teorías científicas (91011B). Por último, el profesorado tampoco reconoce el carácter parcial de 8 frases plausibles (el 12,5% de ellas) referentes a las influencias de la ciencia en la tecnología (10412C y E) y de la sociedad en la tecnología (20811B), la preocupación de los científicos por los efectos de sus descubrimientos (40111F), la influencia del género en los descubrimientos científicos (60511A, B y C) y el significado del método científico (90611G).

También cabe subrayar que 11 de las 18 cuestiones (aproximadamente tres de cada cinco) presentan aspectos fuertes y 14 (cerca de cuatro de cada cinco) aspectos débiles. Tan sólo una, que aborda la influencia de los grupos de presión en la ciencia (20611), no tiene aspectos fuertes ni débiles. En 4 cuestiones predominan los aspectos

fuertes: definición de ciencia (10111), influencia de la tecnología en la ciencia (10413), necesidad de que los alumnos estudien más ciencia (20511) y naturaleza de los modelos científicos (90211), aunque en este último caso la diferencia es mínima. En 7 cuestiones hay más aspectos débiles: definición de tecnología (10211), influencias de la ciencia en la tecnología (10412) y de la sociedad en la ciencia (20821), motivación personal de los científicos en su trabajo (60111), desacuerdos entre los científicos (70211), significado de leyes, hipótesis y teorías científicas (90511) y su *status* epistemológico (91011), si bien en cinco casos la diferencia es mínima y ésta sólo es apreciable en las cuestiones 10412 y 60111. Por último, en las 7 cuestiones restantes hay el mismo número de aspectos de un tipo u otro, destacando por su elevado número (tres de cada clase) las cuestiones correspondientes a la influencia del género en los descubrimientos científicos (60511) y al significado del método científico (90611).

En suma, esta primera aproximación al estudio de los índices cuantitativos de las

cuestiones según las categorías, obtenidos del análisis de las respuestas iniciales del profesorado a las preguntas del COCTS, proporciona también una fructífera aproximación cualitativa a los aspectos más positivos y negativos de las actitudes CTS previas del profesorado. Algunos de los resultados aquí mostrados han sido señalados repetidamente en la investigación sobre estos temas, mientras que otros son más novedosos. Asimismo, hay que destacar que son las frases clasificadas como ingenuas y adecuadas —por este orden— las que mejor sirven para detectar estos aspectos más fuertes y débiles de estas actitudes iniciales del profesorado, mientras que las frases plausibles contribuyen mucho menos a este objetivo, lo que guarda bastante coherencia con la mayor facilidad de los profesores participantes para identificar frases adecuadas e ingenuas que plausibles; una observación que ya ha sido informada en otro lugar (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003).

Influencia del curso en el cambio de actitudes CTS del profesorado

Además de proporcionar descripciones y análisis cualitativos de las actitudes CTS con mayor precisión y agilidad, la aplicación metodológica del MRM a las cuestiones del COCTS permite también logros cuantitativos esenciales para la investigación en didáctica de las ciencias. Aquí se mostrarán los resultados del contraste de

la hipótesis referente a la eficacia de un curso de formación para mejorar las actitudes CTS iniciales del profesorado. Una vez detectados qué aspectos son o no modificados, la extensión natural y obvia de este diagnóstico sería analizar los factores que influyen en la eficacia o ineficacia del mencionado curso para volverlo a diseñar, discutiendo sus aciertos y defectos, sus posibilidades y limitaciones; sin embargo, por motivos de espacio, este asunto no se tratará aquí.

Con el fin de contrastar los efectos del curso de formación sobre las actitudes CTS del profesorado se ha aplicado un diseño de test y retest al inicio y final del mismo, comparando después los resultados obtenidos en ambos casos para evaluar los aspectos mejorados. La aplicación de las cuestiones en el momento final podría servir también para hacer descripciones cuantitativas y cualitativas como las realizadas para el momento inicial, las cuales se han descrito en los apartados anteriores; los resultados correspondientes a este caso se indican en la parte derecha de la tabla 4.

Una primera comparación entre los índices ponderados promedio globales —para toda la muestra y todas las cuestiones— inicial (+0,109) y final (+0,151), revela que hay un pequeño aumento y, por tanto, una relativa mejora de las actitudes globales después del curso de formación. Sin embargo, desde un punto de vista absoluto, se constata que el índice final sigue anclado en valores

muy modestos y que la magnitud cuantitativa del progreso experimentado ($0,151 - 0,109 = +0,042$) también es muy baja (+2%) respecto al rango de los índices normalizados de actitud (-1, +1; rango = 2). Además, las diferencias estadísticas entre los conjuntos inicial y final de los índices promedio de cada frase no son significativas. Tal vez pueda resultar más interesante analizar cualitativamente dónde y cómo se han producido los cambios.

Un examen detenido de los índices finales de actitud normalizados permite comprobar la modificación de algunos patrones indicados en la descripción de las actitudes iniciales. Los índices promedio de las tres categorías muestran que las frases plausibles ya no tienen el menor valor y son las que más progresan; por el contrario, las frases ingenuas son las que al final tienen el valor más bajo e incluso empeoran. Por otro lado, al final los índices ponderados de las distintas cuestiones son casi todos positivos, excepto en un caso (20411), mientras que al principio había cinco con valores negativos. Asimismo, cuando se comparan los resultados iniciales y finales, disminuye el número de cuestiones con índices normalizados negativos para las frases adecuadas y plausibles, sobre todo en las últimas, aunque aumenta en las frases ingenuas (véase la tabla 4).

Para facilitar el análisis de los cambios producidos en cada cuestión, se han calculado las diferencias entre los índices actitudinales

normalizados finales e iniciales en las tres categorías (véase la tabla 6). En promedio, el mayor aumento global tiene lugar en las frases plausibles (+0,097), seguido de las frases adecuadas (+0,081), mientras que para las frases ingenuas la variación es negativa (-0,050). Por tanto, un aspecto destacable de los cambios atribuibles al curso es que mejoran algo las actitudes del profesorado en las frases adecuadas y plausibles —especialmente estas últimas—, pero en cambio empeoran en las ingenuas.

Cuando se analizan los cambios más pronunciados producidos en el índice ponderado de cada cuestión, se observa que cinco de ellas disminuyen este índice; esto es, las actitudes del profesorado hacia esos temas empeoran algo. La cuestión sobre el significado del método científico (90611) es la que más progresa (+0,169), mientras que la referente a la preocupación de los científicos por los efectos de sus descubrimientos (40111) es la que más empeora (-0,072). Entre los valores correspondientes a las frases adecuadas y plausibles el máximo crecimiento (respectivamente +0,358 y +0,413) se da también en la cuestión del método científico (90611), mientras que en las ingenuas el aumento más alto (+0,294) corresponde a la definición de tecnología (10211). Las magnitudes de los incrementos máximos son apreciablemente superiores a las de los descensos más pronunciados para las frases adecuadas y plausibles, mientras que ambos tipos de cambios son más semejantes en las ingenuas. Las cuestiones

Tabla 6

Cambios promedios en los índices de actitud normalizados para las 18 cuestiones del COCTS aplicadas como diferencia entre los momentos final e inicial

Cuestión	Cambio			
	Adecuadas	Plausibles	Ingenuas	Índice ponderado
10111	-0,105	0,099	-0,118	-0,041
10211	0,004	0,006	0,294	0,101
10412	—	0,204	0,079	0,141
10413	-0,098	0,013	-0,036	-0,041
20411	—	0,092	-0,042	0,025
20511	-0,140	0,237	-0,192	-0,031
20611	0,137	0,109	-0,030	0,072
20811	0,144	0,203	0,060	0,136
20821	-0,002	-0,068	0,098	0,010
40111	-0,028	0,101	-0,288	-0,072
40211	0,151	0,199	-0,113	0,079
60111	0,244	0,094	-0,165	0,058
60511	0,248	-0,116	-0,069	0,021
70211	0,150	0,020	0,077	0,082
90211	-0,060	-0,039	-0,031	-0,043
90511	0,140	—	-0,095	0,022
90611	0,358	0,413	-0,262	0,169
91011	0,158	0,082	-0,080	0,054
Promedio	0,081	0,097	-0,050	0,042

sobre la necesidad de que los alumnos estudien más ciencia (20511), la influencia del género en los descubrimientos científicos (60511) y la preocupación de los científicos por los efectos de sus descubrimientos (40111) tienen, respectivamente, los cambios más negativos en las categorías de frases adecuadas, plausibles e ingenuas, aunque para estas últimas también tienen descensos similares las dos cuestiones que plantean,

respectivamente, el significado del método científico (90611) y la necesidad de que los alumnos estudien más ciencia (20511). Para las frases ingenuas, la mayoría de las cuestiones disminuyen su índice de actitud normalizado; por el contrario, para las frases adecuadas y plausibles la mayoría lo mejoran, sobre todo en el caso de las últimas, donde sólo tres disminuyen este índice.

Si se consideran simultáneamente los índices de actitud normalizados de las diversas cuestiones correspondientes a las tres categorías, se observan casos realmente curiosos y extremos. En tres cuestiones aumentan los índices de todas las categorías: definición de tecnología (10211), influencia de la sociedad sobre la tecnología (20811) y desacuerdos entre los científicos (70211); aunque la cuestión que trata sobre la influencia de la ciencia en la tecnología (10412) también se aproxima mucho a este comportamiento. Por el contrario, los tres índices empeoran en la cuestión relacionada con la naturaleza de los modelos científicos (90211), aunque el descenso es pequeño en cualquiera de las categorías. Lo más habitual es que las cuestiones presenten una estructura híbrida de cambio, mejorándose en unas categorías y empeorándose en otras debido, sobre todo, a que hay muchos índices de las frases ingenuas que disminuyen. El caso más extremo, por la exagerada diferencia entre las magnitudes de los cambios positivos y negativos, es el de la cuestión que trata del significado del método científico (90611), donde los incrementos de los índices de las frases adecuadas y plausibles son máximos y el descenso del índice de las ingenuas es casi el mayor de todos. Aunque menos pronunciados, también exhiben un patrón similar de cambios las cuestiones que plantean la necesidad de que más alumnos estudien más ciencias (20511), la preocupación de los científicos por los efectos de sus descubrimientos (40111), la participación

ciudadana en la toma de decisiones sobre asuntos tecnocientíficos de interés público (40211), la motivación personal de los científicos en su trabajo (60111) y la influencia del género en la ciencia (60511).

Por último, se han comparado las puntuaciones directas asignadas por cada profesor en el test y el retest a las 136 frases correspondientes a todas las cuestiones aplicadas, aplicándose para ello la prueba t de muestras apareadas. Los resultados revelan que las diferencias sólo son significativas ($p < 0,05$) para 13 frases (alrededor del 10%), aunque en 4 casos la actitud final es significativamente peor que la actitud inicial (véase un resumen en la tabla 7). Si se toma un nivel superior de significación ($p < 0,01$), las diferencias sólo son significativas para 9 frases (6 mejoran y 3 empeoran).

Las frases cuyas actitudes mejoran significativamente son las correspondientes a algunas percepciones acerca de la definición de tecnología (10211B), la influencia de la ciencia en la tecnología (10413B) y de ésta en la ciencia (10412B), la necesidad de estudiar más ciencias (20511A), la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre asuntos tecnocientíficos de interés público (40211E y G), la motivación personal de los científicos en su trabajo (60111A), los significados de las hipótesis, leyes y teorías (90511A) y del método científico (90611H).

De las cuatro frases en las que las actitudes finales son significativamente peores que

las iniciales, dos de ellas se refieren a la definición de ciencia (1011B y 10111) y las otras dos a la preocupación de los científicos por los efectos de sus descubrimientos (40111A) y a su motivación personal en su trabajo (60111B).

Junto a los resultados de las demás comparaciones realizadas anteriormente, estos exiguos cambios significativos permiten concluir que los efectos del curso CTS están lejos de ser satisfactorios; es decir, de promover un cambio significativo en las actitudes del profesorado.

Discusión y conclusiones más importantes

Los resultados mostrados en este estudio avalan la capacidad del COCTS y la potencia de la metodología empleada para evaluar las creencias y actitudes CTS del profesorado participante y contrastar estadísticamente la hipótesis propuesta sobre la efectividad de un curso de formación continua destinado a mejorar las actitudes CTS del profesorado.

Desde una perspectiva metodológica, debido a su construcción empírica —comentada más arriba en el apartado sobre el instrumento—, no deben aplicarse al COCTS las dos principales críticas que suelen hacerse contra la falta de validez de los instrumentos normalizados de evaluación; a saber, la “percepción inmaculada” —el investigador y la persona encuestada

comprenden siempre el texto de un cuestionario de la misma manera— (Aikenhead y Ryan, 1992) y la adhesión implícita del instrumento a un punto de vista filosófico, sociológico, histórico o cultural particular (Lederman, 1992). En efecto, recuérdese también que las respuestas múltiples a las cuestiones del COCTS no se limitan a reflejar los puntos de vista que el investigador elige sobre cada tema, sino que contienen en cada caso las diversas perspectivas aportadas por personas similares a los propios participantes.

Asimismo, por la imposibilidad de interpretar la significación e importancia prácticas de los cambios observados, también se ha atribuido a los instrumentos normalizados cierta incapacidad para extraer conclusiones sobre estos cambios, que permitan aclararlos y no se limiten sólo a clasificarlos (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). Aunque, a efectos de normalización de su aplicación, las frases del COCTS se clasifican como adecuadas, plausibles e ingenuas, las actitudes de los participantes no se encasillan en estas categorías, ni en una posición u otra, sino que se describen y clarifican a partir de la escala cuantitativa usada, que es invariante. Esta escala está construida partiendo de un conjunto de puntuaciones para cada una de las diversas frases de cada cuestión, las cuales recogen múltiples posiciones sobre el tema propuesto.

Por tanto, las frases y sus correspondientes puntuaciones tienen un sentido contextual

Tabla 7

CFrases cuyas diferencias entre la aplicación final e inicial son estadísticamente significativas. Se han sombreado las negativas

Frases	Cat.	Grado de significación	Inicial	Final	Cambio	Texto de las frases
10111B	A	0,0087	0,580	0,281	-0,299	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).
10111I	I	0,0332	0,630	0,448	-0,182	No se puede definir la ciencia.
10211B	I	0,0086	-0,490	-0,188	0,303	La aplicación de la ciencia.
10412B	I	0,0022	-0,470	-0,219	0,251	Tecnología es ciencia aplicada.
10413B	P	0,0006	-0,08	0,348	0,428	La capacidad para crear tecnología marca el valor del conocimiento científico.
20511A	P	0,0060	-0,17	0,188	0,354	Porque es importante para ayudar a nuestro país a mantenerse a la altura de otros.
40111A	I	0,0092	0,354	-0,052	-0,406	Los científicos sólo buscan efectos beneficiosos cuando descubren cosas o cuando aplican sus descubrimientos.
40211E	P	0,0228	-0,130	0,174	0,304	El gobierno debería decidir porque el tema es básicamente político; pero científicos e ingenieros deberían aconsejar.
40211G	P	0,0459	-0,174	0,109	0,283	Los ciudadanos deberían decidir, porque sirven como control de los científicos e ingenieros. Éstos tienen opiniones idealistas y estrechas del tema y, por tanto, prestan poca atención a las consecuencias.

Frases	Cat.	Grado de significación	Inicial	Final	Cambio	Texto de las frases
60111A	A	0,0032	-0,270	0,100	0,370	Ganar reconocimiento, ya que de lo contrario su trabajo no se aceptaría.
60111B	I	0,0022	0,370	0,000	-0,370	Ganar dinero, porque la sociedad presiona a los científicos a esforzarse por recompensas económicas.
90511A	I	0,0218	-0,292	0,012	0,304	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.
90611H	P	0,0098	-0,167	0,262	0,429	Una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.

en el marco de cada tema planteado pero no fuera de él, contribuyendo así a reafirmar la validez de la medida realizada con ellas, pues cada cuestión se evalúa con diversas frases específicas, correspondiéndole a cada una de ellas una posición diferente sobre el tema. La actitud global es susceptible de interpretarse cualitativamente y, además, cuenta con un indicador —el índice de actitud normalizado—, que proporciona un resumen cuantitativo e invariante. Como en un estudio de Shapiro (1996), el COCTS no sólo evalúa la actitud de los participantes ante un tema concreto, sino también las

razones que dan fundamento a la posición adoptada y permiten la descripción cuantitativa y cualitativa de los perfiles actitudinales de las personas y los grupos participantes. En función de estos perfiles, se podría clasificar la adhesión o tendencia de cada persona hacia una epistemología de la ciencia u otra, pero esto requeriría una minuciosa discusión posterior y el análisis de las actitudes y las valoraciones realizadas de todas las frases de cada cuestión.

En relación con esto último, puede ser interesante señalar que la metodología

empleada en este estudio para investigar de las actitudes CTS del profesorado permite poner en evidencia, entre otras cosas, la presencia de algunos mitos sobre la naturaleza de la ciencia identificados por McComas, Clough, y Almazroa (1998), que están muy extendidos en la sociedad, en general, y entre el profesorado, en particular. A pesar de que las cuestiones aplicadas en este estudio fueron seleccionadas para cubrir un amplio espectro de temas CTS y no particularmente para identificar estos mitos, se puede observar cómo muchos de ellos aparecen en el grupo de profesorado participante en el curso de formación. Por ejemplo, entre estas creencias míticas estarían:

- El mito de que la ciencia es un empeño individual, que se relaciona con el rechazo de la frase adecuada "*La motivación de los científicos es [...] ganar reconocimiento, ya que de lo contrario su trabajo no se aceptaría*" (60111A).
- La fábula de las leyes como hipótesis maduras —esto es, las hipótesis se convierten en teorías, las cuales a su vez llegan a ser leyes—, que se manifiesta en la aceptación de la frase ingenua "*Una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en una ley*" (90511A).
- La creencia en la existencia de un método científico universal, que se expresa

en la valoración negativa de la frase "[El método científico es] *considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente una cosa llamada método científico*" (90611J).

- La justificación del conocimiento científico por las evidencias acumuladas cuidadosamente, que se ha identificado en la adhesión a la frase "*La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico*" (20821B).
- El mito del empirismo radical como el principal camino hacia el conocimiento científico, que se pone en evidencia en la valoración positiva de la frase "[Los desacuerdos entre científicos pueden suceder] *porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica*" (70211A).

Así pues, ciertas creencias CTS del profesorado poseen una apreciable coincidencia con algunos de los mitos sugeridos por McComas, Clough y Almazroa (1998), la cual podría ser mayor si se tiene en cuenta que estos mitos se centran en la naturaleza y epistemología de la ciencia, mientras que los aspectos más sociológicos de la ciencia y la tecnología no están representados en ellos. Por tanto, tales creencias míticas no reflejan otras actitudes CTS inadecuadas mostradas en este estudio (véanse ejemplos de éstas en la tabla 5).

Si se presta atención a los índices obtenidos, el curso de formación CTS parece mejorar globalmente las actitudes CTS del profesorado, aunque el progreso obtenido es muy pequeño y no resulta estadísticamente significativo; un resultado que coincide con los de otros estudios (véase una revisión en Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). Los análisis más detallados de cada frase y cada cuestión aplicada, además de confirmar esta hipótesis, facilitan el conocimiento de las frases donde el cambio es significativo, tanto en sentido positivo como negativo. Por tanto, la aplicación del COCTS y la nueva metodología permiten un análisis muy pormenorizado —cuantitativo y cualitativo— de las creencias del profesorado respecto a los temas CTS, llegando hasta el diagnóstico de sus aspectos más fuertes y débiles, los cuales han sido sintetizados en este estudio.

Por un lado, la posibilidad de contrastar estadísticamente la hipótesis planteada en torno a la eficacia del curso de formación y la de realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de las actitudes CTS del profesorado, aunque sucintamente expuestas, constituyen dos logros importantes de la nueva metodología MRM y el instrumento COCTS aplicados. Por otro lado, también se podría hacer una discusión razonada sobre las causas del escaso progreso observado en los resultados obtenidos. Esta discusión incluiría desde la propia dificultad del cambio actitudinal, respecto a la cual existe una amplia evidencia en la bibliografía específica sobre

las actitudes (Eagly y Chaiken, 1993), hasta la propia revisión del curso realizado, buscando los métodos y contenidos más adecuados para el mismo, así como la amplitud y variedad de temas y cuestiones CTS a tratar. Aunque la extensión de este artículo y los datos disponibles no permiten hacerlo, parece bastante probable que la construcción de actitudes CTS más adecuadas del profesorado requiera el enfoque de cursos explícitos, intensos y con tiempo suficiente para la reflexión del profesorado participante, condiciones que van mucho más allá de las que se han dispuesto en el modesto curso desarrollado (Lederman, 1999).

Además de los resultados concretos descritos, el análisis realizado de los cambios producidos pone en evidencia sobre todo la complejidad de las actitudes CTS del profesorado, así como su variabilidad interpersonal y temporal. Los temas que incluye la educación CTS son diversos y multidimensionales y sus consecuencias potenciales tan amplias y variadas, que a un profesor le puede resultar muy difícil abarcar esta temática por sí mismo, aunque probablemente una lectura y reflexión reposadas le permitirá ir adquiriendo una formación cada vez más profunda. Esto hace que, a veces, las actitudes del profesorado también se manifiesten de manera muy diversa, llegando incluso a ser contradictorias.

En el plano conceptual, la complejidad y variabilidad de las creencias sobre los temas CTS, especialmente de algunas que

pueden empeorar significativamente en un tiempo relativamente corto, es un argumento más para no definir las conceptualmente como simples opiniones o meras cogniciones; es decir, conocimientos basados en hechos, conceptos o principios disciplinares o interdisciplinares. Como muestran este estudio y otros semejantes (véase la revisión de Abd-El-Khalick y Lederman, 2000), la dificultad para cambiar las creencias CTS está probando de alguna manera que no se trata de meros conocimientos que se pueden aprender o desaprender con relativa facilidad, sino que son contenidos que incorporan otras dimensiones, en particular la afectiva y la relacionada con la conducta, las cuales hacen mucho más complicada su modificación si no se les presta una atención explícita. Al mismo tiempo, esta naturaleza compleja de las creencias CTS permite interpretar también que muchos profesores sostengan ideas contradictorias sobre un mismo tema, sin aparente incoherencia ni conflicto personal alguno (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001a).

La dimensión afectiva de la educación CTS ha sido ampliamente reconocida como uno de los elementos más característicos de la misma (Acevedo, 1996a; Aikenhead, 1994; Solomon, 1994; Vázquez, 1999) y, por ello, aunque en la base de las creencias CTS también existen elementos cognitivos, su naturaleza es más compleja, pues incluye otros aspectos más elusivos. Por su parte, la dimensión correspondiente a la conducta abarcaría las disposiciones a actuar en la

sociedad y en los diferentes ámbitos de la vida cotidiana. La tendencia a la acción que ha caracterizado siempre al movimiento CTS norteamericano, tiene su transposición didáctica en nuevas metas para la educación científica, tales como la relevancia personal y social y la toma de decisiones sobre temas tecnocientíficos de interés público (Acevedo, 2004; Désautels y Larochelle, 2003; Martín-Gordillo, 2003; Roth, 2002; Zeidler, 2003).

En suma, el concepto más ajustado para englobar todas las propiedades descritas y observadas para las creencias CTS del profesorado es el de actitud, que incluye, a la vez, cogniciones, afectos y conductas. Por eso, en este estudio se sostiene su carácter de actitudes, más que de cogniciones sujetas a las leyes de la memoria y del aprendizaje de hechos y conceptos, porque en su formación no solamente son importantes los elementos cognitivos, sino sobre todo los afectivos, axiológicos y evaluativos, que son propios y característicos de las actitudes, siendo precisamente estos elementos los que hacen más difícil su educación y modificación (Vázquez y Manassero, 1995). Por último, cabe señalar también que, según Eagly y Chaiken (1993), las creencias serían las unidades de construcción de las actitudes, lo que es coherente con la decisión tomada de hacer operativa la actitud hacia un tema CTS mediante el índice de actitud normalizado que se obtiene cuando se aplica el MRM. El perfil global del conjunto de creencias sobre un tema representado por el índice de actitud normalizado

es la resultante de las valoraciones individuales sobre cada una de las frases de cada cuestión, las cuales serían las creencias concretas sobre el tema.

Implicaciones para el profesorado y su formación

Si el profesorado de ciencias sostiene creencias CTS inadecuadas, parece obvia la necesidad de una formación específica en la educación CTS. Los resultados de este estudio ponen en evidencia la debilidad de su preparación en este campo, planteando crudamente la implicación más directa de su formación en dos aspectos básicos: formación específica en temas CTS y preparación pedagógica y didáctica para educar actitudes y valores. Estas cuestiones ya han sido abordadas en trabajos anteriores (Acevedo, 1996b; Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2002; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001), de los cuales se pueden sintetizar las siguientes propuestas:

- Los contenidos CTS deben contribuir a una alfabetización científica más auténtica, pues son necesarios para formar ciudadanos interesados en la ciencia y la tecnología y, también, futuros científicos y tecnólogos. Por tanto, deben estar presentes en todos los niveles del sistema educativo, aunque adaptados a las edades, capacidades y especialidades de los estudios de los alumnos.
- Algunos contenidos importantes para la formación CTS del profesorado son los siguientes: naturaleza de la ciencia, naturaleza de la tecnología, epistemología de la ciencia, características de los científicos y tecnólogos, control social de la ciencia y la tecnología, análisis de riesgos, comunicación de la ciencia y la tecnología en la sociedad de la información y cultura científica y tecnológica, etc.
- La formación del profesorado en estos temas tienen que apoyarse expresamente en una cultura científica y tecnológica contextualizada, abierta también a otros saberes como la historia, filosofía y sociología de la ciencia, que constituyen buena parte de los fundamentos CTS.
- Deben plantearse objetivos relativamente modestos pero eficaces. No se trata, pues, de formar historiadores, filósofos o sociólogos de la ciencia, sino de ayudar a comprender mejor cómo funcionan la ciencia y la tecnología en el mundo actual, sus grandezas y miserias, sus posibilidades y limitaciones.
- La formación debe ser siempre explícita, facilitando oportunidades suficientes para reflexionar sobre estas cuestiones, porque un tratamiento exclusivamente implícito de los diversos contenidos no permite conseguir la preparación adecuada.
- Hay que evitar caer en el adoctrinamiento, esto es, en la adhesión hacia una posición epistemológica particular. Por el contrario, deben mostrarse diversas perspectivas para llegar a comprenderlas mejor y valorarlas críticamente.

- Es imprescindible asegurar la transferencia de la formación conseguida al aula, pues adquirirla no garantiza su posterior puesta en práctica.

Como se ha indicado más arriba, el aspecto más novedoso de la perspectiva CTS para la enseñanza de las ciencias tal vez sea la inclusión de la educación de actitudes y valores, siéndolo por un doble motivo. Por un lado, algunas filosofías de la educación consideran que la educación de las actitudes y valores, en general, no es competencia de la escuela. Por otro, es bien conocida la existencia de filosofías de la ciencia —como el positivismo o empirismo lógico— que consideran a la ciencia como un conocimiento neutral, no influido por valores o intereses. Aunque ambas filosofías se consideran hoy superadas y la educación de actitudes y valores forma parte de los currículos escolares planificados, los currículos realmente desarrollados en las aulas distan mucho de asumir esta educación en valores; quizás aún más en el caso de la ciencia escolar, debido a la penetrante influencia que todavía conserva el positivismo en el pensamiento del profesorado de ciencias y en su formación.

Este profesorado debe tener presente también que la educación en valores de los jóvenes es siempre un proceso abierto de construcción, el cual tiene una de sus bases en aquellos valores morales y éticos generales de la persona —tales como bondad, tolerancia, justicia, solidaridad,

responsabilidad, etc.— y algunos de sus fundamentos en las propias teorías educativas, como las correspondientes a la personalidad moral, que también son aplicables a la educación en valores propios de la ciencia y la tecnología. Por ello, la educación en valores CTS debe ajustarse a las capacidades y el nivel evolutivo de los estudiantes y no puede ser una imposición, sino una reconstrucción basada en la pluralidad y la apertura a la novedad; en definitiva, aprender a valorar situaciones y problemas nuevos. Esta disposición a aprender a valorar lo nuevo debería promover dos ideas claves en la educación en valores CTS, como son asumir la existencia de una dialéctica cambiante en la definición conceptual de la ciencia y la tecnología actuales (Vázquez y Manassero 1995) y promover la búsqueda de información científica y tecnológica relevante, con el propósito de que los estudiantes puedan reflexionar, descubrir los valores implicados y tomar decisiones al respecto, siendo conscientes, al mismo tiempo, de los valores puestos en juego cuando se asumen estas decisiones (Cutcliffe, 1990; Zeidler, 2003).

Para terminar, señalaremos también que está muy extendida la idea de que es suficiente la educación implícita o indirecta de las actitudes y valores a través de la impregnación en todos los demás contenidos o áreas de conocimiento. Sin embargo, pese a la influencia que sin duda pueden tener los mensajes implícitos en la educación científica (Ryder y Leach, 1999), las actuales evidencias respecto a la formación

del profesorado muestran con reiteración la ineficacia de las metodologías exclusivamente implícitas, al menos en lo que se refiere a la educación de los temas CTS, y abogan en consecuencia por una educación

mucho más explícita e intencional (Abell, Martini y George, 2001; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell, Lederman, y Abd-El-Khalick, 1998; Moss, Abrams y Robb, 2001).

Bibliografía

- ABD-EL-KHALICK, F. Y LEDERMAN, N. G. (2000). The influence of History of Science Course on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- ABELL, S., MARTINI, M. Y GEORGE, M. (2001). That's what scientists have to do: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1095-1109.
- ACEVEDO, 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. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo8.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (1996a). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (1996b). La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26, 131-144. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo9.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica, <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. *Revista Pensamiento Educativo*, 30, 15-34.
- 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. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo15.htm>.

- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, P. Y MANASSERO, M. A. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M. A. (2002). Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores. *Revista de Educación*, 328, 355-382. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <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), <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), <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- AIKENHEAD, G. S. (1994). Consequences to learning science through STS: A research perspective. En J. Solomon y G. S. Aikenhead (Eds.): *STS Education: International Perspectives on Reform*, pp. 169-186. New York: Teachers College Press. En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/sts16.htm>.
- AIKENHEAD, G. S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. T. Cross (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, pp. 59-75. New York: Routledge Falmer. En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>.
- AIKENHEAD, G. S. Y RYAN, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- AKERSON, V. L., ABD-EL-KHALICK, F. Y LEDERMAN, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- ALTERS, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- BELL, R. L., LEDERMAN, N. G. Y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction: An Explicit Response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1057-1061.
- BELL, R. L., LEDERMAN, N. G. Y ABD-EL-KHALICK, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 563-581.
- BEN-CHAIM, D. Y ZOLLER, U. (1991). The STS outlook profiles of Israeli High-School students and their teachers. *International Journal of Science Education*, 13(4), 447-458.
- CUTCLIFFE, S. (1990). CTS: Un campo interdisciplinar. En M. Medina y J. Sanmartín (Ed.): *Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, pp. 20-41. Barcelona: Anthropos.

- DÉSAUTELS, J. Y LAROCHELLE, M. (2003). Educación científica: el regreso del ciudadano y de la ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 3-20.
- EAGLY, A. H. Y CHAIKEN, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- 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.
- Fleming, R. (1988). Undergraduate science teachers' views on the relationship between science, technology and society. *International Journal of Science Education*, 10(4), 449-463.
- GARDNER, P. L. (1996). The dimensionality of attitude scales: a widely misunderstood idea. *International Journal of Science Education*, 18(7), 913-919.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, M. I., LÓPEZ-CEREZO, J. A., LUJÁN, J. L. (1996) *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- 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. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- MANASSERO, M. A. Y VÁZQUEZ, A. (1998). *Opinions sobre ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Govern Balear, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. Y ACEVEDO, J. A. (2001a): *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. (2001b). La evaluación de las actitudes CTS. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo11.htm>. Versión en castellano del capítulo 2 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. Y ACEVEDO, J. A. (2003). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.
- MARTÍN-GORDILLO, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- 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. 3-40. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- MELLADO, 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.
- MELLADO, V. (1997). Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. *Science & Education*, 6(4), 331-354.
- 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.
- RYDER, J. Y LEACH, J. (1999). University science students' experiences of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education*, 21(9), 945-946.
- ROTH, W.M. (2002). Aprender ciencias en y para la comunidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 195-208.
- 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.
- 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.
- SHAPIRO, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the "face of science that does not yet know". *Science Education*, 80(5), 535-560.
- SOLOMON, J. (1994). Knowledge, values and the public choice of science knowledge. En J. SOLOMON Y G. S. AIKENHEAD (eds.): *STS education: International perspectives on reform*, pp. 99-110. New York: Teachers College Press.
- VÁZQUEZ, A. (1999). Innovando la enseñanza de las ciencias: el movimiento ciencia-tecnología-sociedad. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears*, 8, 25-35.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. Y MANASSERO, M. A. (2000). Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS. En I. P. Martins (Coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais*, pp. 219-230. Aveiro: Universidade de Aveiro. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. Y ACEVEDO, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm>.
- VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 337-346.
- VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M. A. (1999). New response and scoring models for the "Views on Science-Technology-Society" instrument (VOSTS). *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.

- ZEIDLER, D. L. (2003). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.
- ZOLLER, U. Y BEN-CHAIM, D. (1994). Views of Prospective Teachers versus Practising Teachers about Science, Technology and Society Issues. *Research in Science & Technological Education*, 12(1), 77-89.
- ZOLLER, U., DONN, S., WILD, R. Y BECKETT, P. (1991). Teachers' beliefs and views on selected science-technology-society topics: A probe into STS literacy versus indoctrination. *Science Education*, 75(5), 541-561.

Resumen

Este estudio muestra la aplicación del Cuestionario de Opiniones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) con una nueva metodología de respuesta múltiple para la evaluación más válida y significativa de las actitudes de una muestra de profesorado sobre los temas Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), así como la eficacia de un curso de formación para modificar las creencias iniciales del profesorado. Se analiza esta metodología, su validez para el contraste estadístico de hipótesis, su capacidad para evaluar de manera más precisa, cualitativa y cuantitativamente, las creencias CTS del profesorado y para dar cuenta de aquellos aspectos modificados después de participar en el curso de formación CTS. Por último, se sugieren algunas implicaciones de la educación CTS para el profesorado.

Palabras clave: Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS); Evaluación de actitudes CTS; Cuestionario de Opiniones CTS; Modelo de Respuesta Múltiple; Evaluación de un Curso de Formación del Profesorado.

Abstract

This study shows the application of the Views on Science, Technology and Society Questionnaire through a new methodology, which is based on the multiple answer. The aim is to achieve more valid and significant evaluation of the teachers' attitudes towards the Science, Technology and Society STS topics, as well as of the effectiveness of a training course to modify the teachers' initial beliefs. The methodology's validity for the statistical contrast of hypothesis and ability to evaluate the teachers' STS attitudes in a more precise, qualitative, and quantitative way, and to account for those aspects modified after

participating in the STS training course are analysed. Lastly, some implications for the STS education of teachers are discussed.

Key Words: Science, Technology and Society (STS); STS Attitudes Evaluation; Views on STS Questionnaire; Multiple Answer Model; Evaluation of Teacher Training Course.

Ángel Vázquez Alonso

Facultad de Ciencias de la Educación

Universidad de las Islas Baleares

Correo-e: dfsava0@clust.uib.es

José Antonio Acevedo Díaz

Inspección de Educación

Consejería de Educación de la Junta de Andalucía

Delegación Provincial de Huelva

Correo-e: ja_acevedo@vodafone.net

M^a Antonia Manassero Mas

Departamento de Psicología

Universidad de las Islas Baleares

Correo-e: ma.manassero@uib.es