

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA MATERIA CTS DE BACHILLERATO EN LAS ACTITUDES CTS DEL ALUMNADO CON UNA METODOLOGÍA DE RESPUESTA MÚLTIPLE

Ángel Vázquez Alonso⁽¹⁾, José Antonio Acevedo Díaz⁽²⁾, M^a Antonia Manassero Mas⁽³⁾ y Pilar Acevedo Romero⁽⁴⁾

(1) Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de las Islas Baleares. E-mail: angel.vazquez@uib.es

(2) Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva. E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

(3) Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares. E-mail: ma.manassero@uib.es

(4) IES "Fray Luis de León" de Salamanca. E-mail: pi_acevedo@yahoo.es

[Recibido en Enero de 2006, aceptado en Abril de 2006]

RESUMEN ^(Inglés)

En este estudio se presenta 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 relacionadas con los temas Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) de una muestra de estudiantes, así como la eficacia de un curso correspondiente a la asignatura "Ciencia, Tecnología y Sociedad" de bachillerato para modificar las creencias y actitudes iniciales del alumnado. Se analiza esta metodología, su validez para el contraste estadístico de hipótesis y su capacidad para evaluar de manera más precisa, cualitativa y cuantitativamente, las creencias y actitudes CTS del alumnado con el objeto de dar cuenta de los cambios que se producen después de su participación en el curso CTS.

Palabras Clave: *Evaluación de actitudes CTS; Cuestionario de Opiniones CTS; Modelo de Respuesta Múltiple; Evaluación de la asignatura "Ciencia, Tecnología y Sociedad".*

INTRODUCCIÓN

Cada vez es mayor el interés de las organizaciones internacionales y los expertos en educación científica por la inclusión del conocimiento de la naturaleza de la ciencia como elemento central de los currículos de ciencia escolar destinados a conseguir la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, que es hoy una finalidad esencial de la enseñanza de las ciencias (Acevedo, 2004; Acevedo, Manassero y Vázquez, 2005; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). No obstante, la investigación empírica en didáctica de las ciencias ha mostrado de modo reiterado y

consistente que los estudiantes no consiguen una comprensión adecuada de las cuestiones relativas a la naturaleza de la ciencia, que en este estudio se denominarán, genéricamente y de manera más amplia, cuestiones relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Estos resultados negativos han sido obtenidos tanto en España (Acevedo, 1992, 2001; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2002a; Manassero y Vázquez, 1998, 2001, 2002; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Solbes y Vilches, 1997, 2002, 2004; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006 en prensa; Vázquez y Manassero, 1996), como en otros países (Ben-Chaim y Zoller, 1991; Fleming, 1987; Kang, Scharmann y Noh, 2005; Ryan, 1987; Ryan y Aikenhead, 1992; Zoller, Donn, Wild y Beckett, 1991a; Zoller *et al.*, 1990).

Los resultados de estos trabajos ofrecen un diagnóstico pesimista de la situación, pero también constituyen un acicate para afrontarla. Sin embargo, el objetivo de mejorar la comprensión de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea es una empresa difícil debido a tres obstáculos principales.

Un primer obstáculo para el logro de este objetivo es la naturaleza interdisciplinar, compleja, provisional y cambiante de los temas CTS, lo que dificulta el consenso entre los especialistas. El acuerdo académico sobre las cuestiones CTS es limitado y está muy condicionado por factores contextuales, coexistiendo claras discrepancias sobre los significados de ciertos temas CTS entre científicos, filósofos, historiadores, sociólogos y educadores de ciencias junto a conjeturas razonables (Alters, 1997; Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). Esta falta de consenso es un serio inconveniente para tomar decisiones curriculares y didácticas sobre la enseñanza y el aprendizaje de los temas CTS. A pesar de esta dificultad, algunos estudios sugieren ciertos acuerdos, que podrían servir de base para construir un currículo escolar de ciencias capaz de proporcionar una visión más adecuada de la ciencia y la tecnología (CyT) actuales (Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Felske, Chiappetta y Kemper, 2001; Fernández, Gil-Pérez, Valdés y Vilches 2005, Fernández *et al.*, 2002, 2003; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002; Matthews, 1994, 1998; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas 1996, 1998; McComas y Olson, 1998; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996; Smith y Scharmann, 1999; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004, 2005; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2004, 2005).

Un segundo obstáculo que dificulta el logro de una adecuada educación CTS para todas las personas es la deficiente formación del profesorado en los temas CTS, tal y como muestran claramente los resultados de la investigación empírica en didáctica de las ciencias (Acevedo, 1994, 2000; Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2002b, 2005; Ben-Chaim y Zoller, 1991; Fleming, 1988; Koulaidis y Ogborn, 1989, 1995; Lederman 1992; Manassero y Vázquez, 1998, 2002; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2004; Rubba y Harkness, 1993; Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996; Zoller y Ben-Chaim, 1994; Zoller, Donn, Wild y Beckett, 1991b; Zoller *et al.*, 1990). Además, el papel del profesorado como obstáculo para implantar estas innovaciones va más allá de su formación inicial o continua, pues algunos estudios señalan que una vez superada ésta, muchos profesores siguen

mostrando reticencias para ponerlas en práctica en el aula, las cuales tal vez están más relacionadas con las dificultades generales de la implantación de cualquier innovación que con la propia naturaleza de los temas CTS (Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Mellado, 1997, 1998a,b; Schwartz y Lederman, 2002). Por tal motivo, los esfuerzos se orientan no sólo a formar al profesorado de ciencias en aspectos básicos, como los contenidos específicos de temas CTS y la educación en actitudes y valores, sino que se intenta cambiar su propia actitud profesional hacia estos asuntos (Acevedo, 1996a,b; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Cho, 2002; Lederman, 1992; Shapiro, 1996; Solbes, Vilches y Gil, 2002).

Un tercer obstáculo es la dificultad metodológica para conseguir una evaluación más válida y fiable de las creencias CTS. El diagnóstico de las actitudes y creencias CTS de los estudiantes y el profesorado es un problema relevante de la investigación didáctica por la necesidad de conocer los aprendizajes alcanzados (el currículo logrado) a partir de sus creencias iniciales. El logro de una evaluación válida y fiable es un empeño plagado de dificultades por dos razones sobre todo. En primer lugar, por la naturaleza dialéctica, poliédrica y compleja del objeto evaluado, en este caso la empresa científico-tecnológica y sus relaciones con la sociedad, lo que afecta decisivamente a la evaluación diagnóstica. En segundo lugar, por la dificultad inherente a la propia tarea de la evaluación, que debe afrontar importantes problemas metodológicos relacionados con la validez y fiabilidad de los procedimientos, instrumentos y métodos de evaluación aplicados en la investigación y, en consecuencia, a la significación de los resultados obtenidos (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Gardner, 1996; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003b; Munby, 1997; Vázquez y Manassero, 1995).

Puesto que la mayor parte de las investigaciones se había hecho con instrumentos de papel y lápiz, estas críticas favorecieron un cambio de paradigma en la investigación, cobrando mayor auge las metodologías cualitativas, más suaves y laxas (entrevistas, cuestionarios abiertos, estudios de caso, etc.). Aikenhead (1988) comparó hace tiempo la validez de diversos instrumentos (escalas Likert, cuestionarios cerrados de elección múltiple, cuestionarios empíricamente desarrollados y entrevistas), concluyendo que los cuestionarios empíricamente desarrollados a partir de preguntas abiertas y entrevistas previas constituyen una tercera vía muy valiosa, que combina las ventajas de los instrumentos cerrados con la riqueza de las entrevistas, ahorra mucho tiempo de aplicación y permite su aplicación a muestras grandes.

En esta línea, se desarrollaron los cuestionarios *Views on Science, Technology and Society* -VOSTS- (Aikenhead y Ryan, 1989; Aikenhead, Ryan y Fleming, 1989), empleado con estudiantes y profesores, y *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* -TBA-STs- (Rubba y Harkness, 1993; Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996), usado con profesores. Partiendo de una taxonomía de actitudes relacionadas con la CyT (Vázquez y Manassero, 1995) y, siguiendo pautas similares, las cuestiones de los instrumentos anteriores se han adaptado al contexto cultural español, construyéndose así el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad -COCTS- (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003a).

Se pretende aquí mostrar la capacidad de este instrumento y una nueva metodología de evaluación de las actitudes y creencias relativas a los temas CTS para superar las

dificultades metodológicas de la investigación cuantitativa y, en particular, demostrar la validez del COCTS aplicado con una metodología de respuesta múltiple para el contraste estadístico de hipótesis. Esta metodología ha sido desarrollada previamente en una serie de investigaciones que ha tenido los siguientes hitos:

- La construcción y adaptación del COCTS y su aplicación con un modelo de respuesta única –MRU– (Manassero y Vázquez, 1998).
- La propuesta de un nuevo modelo de respuesta múltiple –MRM– (Vázquez y Manassero, 1999), más válido y eficaz para responder al COCTS, basado en la clasificación de las frases de las cuestiones del COCTS en tres categorías (Adecuada, Plausible e Ingenua) por un panel de jueces expertos (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).
- Una métrica que produce un conjunto de índices actitudinales normalizados e invariantes (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000).

La investigación empírica plantea con frecuencia la necesidad de contrastar hipótesis, es decir, verificar estadísticamente si la relación entre dos variables se puede o no considerar estadísticamente significativa; por ejemplo, para identificar el grupo con mejores resultados, comprobar si un programa de educación CTS consigue el objetivo de cambiar las actitudes CTS de los estudiantes en el sentido deseado o decidir entre varios programas posibles cuál ofrece los mejores resultados, etc. Con frecuencia esto requiere comparaciones entre diferentes grupos por medio de procedimientos de estadística inferencial, que solamente son posibles cuando se dispone de una sólida base de datos cuantitativa y una metodología adecuada. La cuantificación de las respuestas del COCTS mediante índices actitudinales no sólo permite el contraste de hipótesis propio de la estadística inferencial (tales como análisis grupales, efectos de tratamientos, etc.), sino que también facilita el avance en técnicas de la investigación cualitativa, como en el caso de los diagnósticos personalizados.

En este estudio se presenta la aplicación con el COCTS de esta nueva metodología cuantitativa, como ilustración de su capacidad en la estadística inferencial. Para ello, se proporcionan algunos ejemplos empleando ANOVAs y pruebas de significación aplicadas a comparaciones entre grupos de alumnos y alumnas, entre grupos de especialidades de bachillerato y en la verificación de la eficacia de la materia "Ciencia, Tecnología y Sociedad" de bachillerato para producir cambios positivos y significativos en las actitudes CTS de los estudiantes. Esta materia optativa de bachillerato es la única del currículo común que tiene una orientación CTS específica, por lo que tiene mucho interés didáctico conocer sus efectos sobre el alumnado. Los estudiantes pueden elegir libremente esta materia porque es optativa; no obstante, pueden cursarla estudiantes procedentes de todas las modalidades de bachillerato, por ser una materia común a todas ellas. Para realizar el contraste de hipótesis, las diversas modalidades se han concentrado en dos grupos, denominados "Ciencia y Tecnología" (estudiantes de las modalidades de ciencias o de tecnología) y "Humanidades y Sociales" (estudiantes de las modalidades de humanidades o de sociales). El diseño de esta investigación va dirigido a contrastar estadísticamente la siguiente hipótesis: *el*

curso de la materia CTS de bachillerato mejora las actitudes de los estudiantes participantes hacia los temas CTS.

METODOLOGÍA

En este apartado se exponen las características del instrumento utilizado en la evaluación, el procedimiento seguido en la investigación y la muestra de estudiantes participantes en el estudio.

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									C A T
	Bajo			Medio			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 valorar la opción.										
3. Ninguna de estas opciones satisface básicamente mi opinión.										

Tabla 1.- Ejemplo de cuestión del COCTS. En la columna de la derecha (sombreada) se indica la categoría (adecuada, A, plausible, P, o ingenua, I) correspondiente a cada opción.

Instrumento

Las cuestiones aplicadas en este estudio se han extraído del COCTS, un banco de 100 cuestiones CTS que ha sido adaptado y mejorado en su metodología de aplicación a lo largo de varias etapas (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003a, 2004; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005, 2006).

Todas las cuestiones del COCTS tienen el mismo formato de elección múltiple, que se inicia con una cabecera de pocas líneas, en la que se plantea un problema respecto al cual se desea conocer la actitud de una persona, seguido de una lista de frases que ofrecen un abanico de diferentes justificaciones sobre el tema planteado, junto con tres opciones fijas que recogen diversas razones para no contestar alguna de ellas, 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). El formato de opción múltiple permite a los participantes expresar sus puntos de vista sobre una amplia gama de aspectos de cada tema, que tal vez no aparecerían en una respuesta abierta, y, en consecuencia, la actitud conformada por la valoración de los diferentes aspectos contemplados en las opciones es rica y bastante completa.

Las 28 cuestiones elegidas para este estudio incluyen 202 frases, que deben ser valoradas por los estudiantes y representan la mayoría de las dimensiones, temas y subtemas que aborda el COCTS (tabla 2). Cada frase se identifica con un código compuesto de un número (central) de cinco cifras y dos letras que preceden y siguen a ese número. El número central representa las distintas dimensiones, temas y subtemas CTS y se corresponde con el código original de la tabla de especificaciones del VOSTS. La letra anterior al número (A, P o I) representa la categoría (adecuada, plausible o ingenua) asignada a la frase según la clasificación realizada por un método de escalamiento mediante jueces. La letra final representa el lugar relativo de la frase, dentro de cada cuestión, ordenándose alfabéticamente (A, B, C, ...).

Procedimiento

Las cuestiones seleccionadas se aplicaron a los participantes en su propia clase por su profesor de la asignatura CTS de bachillerato, como parte de una actividad de aula dirigida a explorar sus actitudes y creencias sobre los temas CTS. El método de respuesta aplicado a las cuestiones se ajusta a un MRM, en el cual cada estudiante valora su grado de acuerdo/desacuerdo con cada una de las frases que componen cada cuestión sobre una escala de nueve puntos (Manassero y Vázquez, 1998; Vázquez y Manassero, 1999). Cada valoración directa se transforma después en índices actitudinales (tabla 3), conforme a una clasificación en tres categorías (Adecuada, Plausible e Ingenua) previamente asignada a cada frase por un panel de jueces expertos (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005, 2006).

El MRM aplicado permite obtener índices actitudinales normalizados (-1, +1) para cada frase según la categoría que se le ha asignado. Así, las adecuadas se valoran tanto más alto cuanto más se aproxime a 9 la puntuación otorgada, las ingenuas cuanto más cercana esté al 1 y las plausibles (que incluyen aspectos parcialmente adecuados) cuanto más próxima esté al 5 (valor central de la escala). A partir de los índices de las frases de una cuestión, se pueden calcular otros tres nuevos índices, correspondientes a cada una de las tres categorías de frases adecuadas, plausibles e ingenuas, como promedio de los anteriores índices de las frases en cada categoría. Por último, como indicador global de la actitud de cada persona hacia el tema de una

cuestión se puede calcular un índice actitudinal ponderado (promedio de los índices de las tres categorías) siguiendo el procedimiento indicado en la tabla 3.

TEMAS	SUBTEMAS	CUESTIONES
DEFINICIONES		
1. Ciencia y Tecnología	01. Ciencia	10111
	02. Tecnología	10211
	04. Interdependencia	10412, 10413
3. Influencia triádica	01. Interacción Ciencia/Tecnología/Sociedad	30111
SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA		
2. Influencia de la Sociedad en la Ciencia y la Tecnología	04. Ética	20411
	05. Instituciones educativas	20511
	06. Grupos de interés especial	20611
	08. Influencia general	20811, 20821
4. Influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad	01. Responsabilidad social	40111
	02. Decisiones sociales	40211
	03. Problemas sociales	40311*
	05. Bienestar económico	40511*
	08. Influencia general	40811*, 40821*
5. Influencia de la ciencia escolar en la Sociedad	01. Unión dos culturas	50111*
	02. Fortalecimiento social	50211*
	03. Caracterización escolar de la ciencia	50311*
SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA		
6. Características de los científicos	01. Motivaciones	60111
	05. Efectos de género	60511
7. Construcción social del conocimiento científico	02. Decisiones científicas	70211
8. Construcción social de la Tecnología	01. Decisiones tecnológicas	80131*
	02. Autonomía de la tecnología	80211*
EPISTEMOLOGÍA		
9. Naturaleza del conocimiento científico	02. Modelos científicos	90211
	05. Hipótesis, teorías y leyes	90511
	06. Aproximación a las investigaciones	90611
	10. Estatus epistemológico	91011

(*) Cuestiones no aplicadas en el post-test.

Tabla 2.- Cuestiones del COCTS, indicadas por su código numérico de identificación, aplicadas en este estudio.

Categorías	Número de frases	Escala de puntuaciones directas (arriba): Transformación en puntuaciones actitudinales directas (a, p, n) –abajo-								Puntuaciones actitudinales directas			Índices de actitud de categoría				
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máximo	Fórmula	Mínimo	Máx.	Fórmula	Min.	
Escala directa																	
Grado de Acuerdo		Total	Casi total	Alto	Parcial alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	Casi nulo	Nulo							
Adecuadas	N _a	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	+4N _a	Σa _j	-4N _a	+1	I _a = Σ a _j / 4N _a	-1	
Plausibles	N _p	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	+2N _p	Σp _j	-2N _p	+1	I _p = Σ p _j / 2N _p	-1	
Ingenuas	N _n	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	+4N _n	Σn _j	-4N _n	+1	I _n = Σ n _j / 4N _n	-1	
Total	N									Índice de actitud global			1	I = (I _a + I _p + I _n) / 3	-1		

a_j : puntuación actitudinal directa para la frase "adecuada" j.

p_j : puntuación actitudinal directa para la frase "plausible" j.

n_j : puntuación actitudinal directa para la frase "ingenua" j.

N_a, N_p, N_n: número de frases pertenecientes a cada una de las categorías "adecuadas", "plausibles o "ingenuas".

Σ: suma las puntuaciones directas desde j = 1 a j = N_a (j = N_p o j = N_n) para el conjunto de las frases pertenecientes a cada una de las categorías "adecuadas", "plausibles" o "ingenuas".

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.

En resumen, el valor de los índices actitudinales representa el grado en que las respuestas de los estudiantes se identifican con la categoría asignada por los jueces a las distintas frases o, de otro modo, con la mayor o menor precisión con que los estudiantes identifican una idea adecuada, ingenua o plausible. Así, una actitud será tanto mejor cuanto más positivo sea el valor del índice (máximo valor +1) y será tanto peor cuanto más negativo sea el valor del índice (mínimo valor -1). Una actitud positiva respecto a una frase adecuada significa que se está de acuerdo con lo que se dice en ella, mientras que una actitud positiva correspondiente a una frase ingenua significa que no se está de acuerdo con lo expresado en la misma. Cabe afirmar lo contrario para las actitudes negativas. Una actitud positiva respecto a una frase plausible significa que la persona aprecia un valor parcial del contenido de esta frase, mientras que una actitud negativa en este caso indica que no lo aprecia.

El modelo experimental de la investigación se corresponde con un diseño ciego de test/retest. Los participantes respondieron a las cuestiones en dos momentos diferentes, al inicio del año escolar (test), cuyos datos se emplean para el diagnóstico de las creencias previas del alumnado y como referencia para verificar la hipótesis, y al final de curso (retest), cuyos datos se usan para valorar el cambio de creencias y el contraste de la hipótesis. Los participantes no conocieron la segunda aplicación hasta el momento de hacerla (diseño ciego de retest); en esta segunda aplicación, se redujo el número de cuestiones aplicadas y de participantes, debido al largo tiempo transcurrido entre ambas aplicaciones y otras circunstancias.

Muestra

Los participantes en este estudio son 57 estudiantes de bachillerato (33 alumnos y 24 alumnas), matriculados en la materia optativa denominada "Ciencia Tecnología y Sociedad" en tres grupos diferentes de dos centros escolares distintos. De ellos, 33 estudian la modalidad de Ciencias y Tecnología y los otros 24 la modalidad de Sociales y Humanidades. Por diversas razones (académicas, incumplimiento de las normas, abandono de estudios, ausencias, etc.) la muestra válida de estudiantes participantes en la aplicación de los cuestionarios que tuvo lugar al final de curso fue menor (32) que la inicial.

RESULTADOS

La descripción de los resultados procederá desde los aspectos cuantitativos más globales del grupo (parámetros estadísticos descriptivos de la muestra para todas las cuestiones aplicadas) hasta los más concretos y cualitativos (diagnóstico individual, puntuaciones de las frases, creencias alternativas, etc.). Para realizar el análisis de resultados, se calcula primero el índice promedio de cada frase del cuestionario para toda la muestra. A partir de este índice, se pueden calcular una media global y los índices promedios globales de cada categoría (adecuadas, plausibles e ingenuas) para toda la muestra, los índices de cada categoría para cada cuestión y el índice ponderado de cada cuestión, así como el promedio de los índices ponderados de las 28 cuestiones aplicadas.

Comparaciones de género

Las diferencias entre hombres y mujeres constituyen un asunto recurrente en la investigación educativa y, más concretamente, en el ámbito de la didáctica de las ciencias, debido a las diferencias favorables a los hombres que se suelen encontrar de modo sistemático entre alumnos y alumnas. Se comparan aquí los resultados de las actitudes CTS de los alumnos y las alumnas en dos niveles. Primero, para todos los índices promedios de las frases incluidas en las cuestiones y, segundo, para los índices actitudinales globales de cada cuestión.

La comparación entre ambos grupos de la distribución de las puntuaciones medias globales en todas las frases valoradas es estadísticamente significativa ($p = 0,032$) y favorable a los hombres (promedio 0,084) respecto a las mujeres (promedio 0,026).

Si se comparan los índices de cada frase del cuestionario entre los grupos de alumnas y alumnos (202 comparaciones) se obtienen diferencias de género estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en 24 frases, de las que 9 tienen mayor grado de significación estadística ($p < 0,01$). La mayoría de estas diferencias significativas son favorables a los hombres (tabla 4), puesto que el número de frases con mejores índices de actitud para los hombres (16) duplica al de frases favorables a las mujeres (8).

Las frases con diferencias de género estadísticamente significativas se distribuyen con bastante homogeneidad entre las distintas dimensiones de los temas CTS (normalmente una o dos cuestiones de cada una), con dos excepciones de signo opuesto. Por un lado, hay dos cuestiones (40311 y 60511) que están más representadas (tres frases) y, por otro, las cuestiones de epistemología no lo están

(ninguna frase). Así mismo, la mayoría de las frases con diferencias de género significativas pertenece a la categoría de frases plausibles (15) y menos a las adecuadas (5) e ingenuas (4).

Frases	Probabilidad de significación	Promedio Mujeres	Promedio Hombres	Diferencias	Mejor
P10211A	0,027	-0,500	-0,061	0,439	Hombres
P10413B	0,017	-0,159	0,250	0,409	Hombres
A40211F	0,002*	-0,323	0,117	0,440	Hombres
P40211G	0,029	-0,136	0,259	0,395	Hombres
P40311D	0,043	0,068	0,393	0,325	Hombres
P40311E	0,003*	-0,167	0,463	0,630	Hombres
I40311F	0,031	0,216	-0,167	-0,383	Mujeres
P40811H	0,033	-0,208	0,179	0,387	Hombres
I40821B	0,004*	0,583	0,210	-0,374	Mujeres
P50111A	0,004*	-0,457	0,078	0,535	Hombres
A50111E	0,035	0,696	0,450	-0,246	Mujeres
P50211G	0,021	-0,435	-0,017	0,418	Hombres
P50311E	0,000*	-0,375	0,286	0,661	Hombres
P50311G	0,047	-0,023	0,283	0,306	Hombres
I60111B	0,008*	0,458	-0,231	-0,689	Mujeres
P60111E	0,017	-0,250	0,173	0,423	Hombres
P60511B	0,042	-0,667	-0,269	0,397	Hombres
P60511F	0,009*	-0,800	-0,250	0,550	Hombres
A60511G	0,004*	0,800	0,281	-0,519	Mujeres
I70211B	0,018	-0,688	-0,057	0,631	Hombres
A70211E	0,008*	0,688	0,130	-0,557	Mujeres
P80131C	0,033	0,478	0,081	-0,398	Mujeres
P80211C	0,016	-0,136	0,290	0,427	Hombres
A30111F	0,044	0,500	0,167	-0,333	Mujeres

Tabla 4.- Frases cuyas diferencias según el género son estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Se indican con un asterisco las frases cuyas diferencias alcanzan un grado de significación más exigente ($p < 0,01$), así como si el índice de actitud es mejor para los hombres o las mujeres.

Para las 9 frases cuyo grado de significación estadística es mayor ($p < 0,01$), las diferencias entre los alumnos y las alumnas se encuentran más equilibradas, pues en

5 de ellas los hombres presentan mejor actitud que las mujeres, mientras que en las otras 4 sucede al revés, esto es, las mujeres tienen mejor actitud que los hombres.

Las 5 frases en las que los hombres tienen mejor actitud que las mujeres con mayor grado de significación estadística son las siguientes:

A40211F: (En las decisiones sociocientíficas...) los ciudadanos deberían decidir, porque la decisión afecta a todos; pero los científicos e ingenieros deberían aconsejar.

P40311E: (Sobre la búsqueda de equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología...). El equilibrio no tiene sentido. Por ejemplo: ¿por qué inventar máquinas para ahorrar trabajo que luego causan desempleo? o ¿por qué defender un país con armas nucleares que amenazan la vida sobre la Tierra?

P50111A: (Sobre la existencia de la división entre personas de ciencias y letras...). Existen estos dos tipos de personas. Si las personas de letras estudiaran más ciencias llegarían a comprenderlas también, porque cuanto más estudias algo, más llega a gustarte y lo comprendes mejor.

P50311E: (Sobre la comparación de la imagen más real de la ciencia entre programas de TV y clases de ciencia...). Ambos, los programas de TV y las clases de ciencias dan imágenes exactas de la ciencia. Los programas de TV se concentran más en los nuevos desarrollos que muestran como se aplica la ciencia en el mundo real. Las clases de ciencias se concentran más en los principios fundamentales que ayudan a explicar lo que cuentan los programas de TV.

P60511F: (Sobre la existencia hoy de más mujeres científicas...), porque todos somos iguales, independientemente del trabajo que hagamos.

Las 4 frases en las que las mujeres tienen mejor actitud que los hombres con mayor grado de significación estadística son las siguientes:

I40821B: (Influencia general de la ciencia en la sociedad...). La ciencia influye directamente sólo en aquellas personas de la sociedad que tienen interés por la ciencia.

I60111B: (La motivación de los científicos para trabajar...). Ganar dinero, porque la sociedad presiona a los científicos a esforzarse por recompensas económicas.

A60511G: (No hay diferencias en los descubrimientos hechos por científicos hombres o mujeres...), porque cualquier diferencia en sus descubrimientos se debe a diferencias individuales. Tales diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer.

A70211E: (Razones de las controversias científicas...). Por cierto número de razones como cualquier combinación de las siguientes: ausencia de hechos, desinformación, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos.

Hay que destacar dos cuestiones relacionadas con las consecuencias negativas y positivas de la CyT (50111) y el efecto del género (científicos y científicas) sobre los descubrimientos científicos (60511), puesto que entre ambas presentan tres frases que establecen las diferencias más acentuadas entre los alumnos y las alumnas en estos dos temas concretos. En el primer caso, la actitud de las mujeres parece ser de

mayor desconfianza respecto a los efectos negativos y los riesgos de la CyT. En el caso de las diferencias en los descubrimientos entre científicos y científicas, los hombres sostienen una actitud igualitaria general, mientras las mujeres tienden a aceptar la existencia de diferencias individuales entre los científicos, aunque éstas no están ligadas al género.

Las dos listas de frases con mayores diferencias estadísticamente significativas sugieren que los hombres parecen percibir mejor que las mujeres el carácter plausible de algunas frases (4 de 5), mientras que las mujeres tienden a reconocer mejor que los hombres el carácter ingenuo (2 de 4) o adecuado (2 de 4) de estas; esto es, la actitud CTS de las alumnas parece ser algo más radical que la de los alumnos. Sin embargo, en conjunto, no puede considerarse demasiado importante el número de diferencias de género encontradas en las actitudes CTS, pues sólo un pequeño porcentaje de las frases valoradas (24 de 202; alrededor del 12%) establecen diferencias estadísticamente significativas entre los alumnos y las alumnas.

Comparaciones entre dos modalidades de bachillerato

Se han comparado los resultados de las actitudes CTS de los estudiantes que han elegido en bachillerato una opción de ciencias o tecnología (grupo de ciencias) y los que se han matriculado en una opción de humanidades o sociales (grupo de letras). La comparación de la distribución de las puntuaciones medias globales de todas las frases entre ambos grupos no es estadísticamente significativa, aunque el promedio del grupo de ciencias (0,074) es ligeramente superior al de letras (0,060).

De las 202 comparaciones realizadas, los índices de cada frase producen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre ambos grupos en 30 frases (tabla 5), de las que 12 tienen mayor grado de significación estadística ($p < 0,01$). El número de casos con diferencias estadísticamente significativas favorables al grupo de ciencias (13) es un poco menor que el de casos favorables al grupo de sociales (17), repartiéndose por igual en las frases con mayor nivel de significación estadística (6 para cada grupo). Así mismo, la mayoría de las frases con diferencias estadísticamente significativas entre ambas modalidades de bachillerato pertenecen a la categoría de frases ingenuas (14) y plausibles (11), siendo muchas menos las adecuadas (5).

Las frases con diferencias estadísticamente significativas entre ambas modalidades se distribuyen con bastante homogeneidad entre todas las dimensiones de los temas CTS (en general una o dos cuestiones de cada una), con dos excepciones de signo opuesto. Por un lado, la cuestión 50211 (utilidad de las clases de ciencias para ser mejor consumidor) es la que tiene mayor representación (cinco frases) y, por otro, las cuestiones de epistemología, que son las menos representadas (una frase).

Frases	Prueba t	Ciencias y Tecnología	Humanidades y Sociales	Diferencias	Mejor
P10211H	0,046	0,047	-0,283	-0,329	CyT
P10412C	0,038	-0,359	-0,043	0,316	HyS
I10413A	0,018	0,194	0,591	0,397	HyS
I20611B	0,000*	-0,105	0,466	0,571	HyS
P20611H	0,035	0,367	0,023	-0,344	CyT
I20811A	0,035	0,266	0,591	0,325	HyS
I40111B	0,006*	-0,100	-0,500	-0,400	CyT
A40111E	0,007*	0,508	0,076	-0,432	CyT
A40211F	0,012	0,075	-0,295	-0,370	CyT
P40211G	0,003*	0,304	-0,214	-0,518	CyT
P40311E	0,001*	0,519	-0,150	-0,669	CyT
I40511E	0,022	0,075	0,464	0,389	HyS
I40811A	0,021	0,483	0,773	0,290	HyS
I40821B	0,033	0,250	0,534	0,284	HyS
P40821G	0,048	0,017	-0,364	-0,380	CyT
P50111A	0,002*	0,117	-0,457	-0,573	CyT
A50111E	0,024	0,420	0,696	0,276	HyS
I50211A	0,012	-0,250	0,130	0,380	HyS
I50211B	0,000*	-0,395	0,054	0,450	HyS
I50211C	0,009*	-0,344	-0,033	0,311	HyS
I50211D	0,010	0,000	0,409	0,409	HyS
A50211F	0,001*	-0,081	0,466	0,547	HyS
P50311G	0,029	0,300	-0,050	-0,350	CyT
P60111D	0,024	0,321	-0,125	-0,446	CyT
P60111E	0,000*	0,179	-0,500	-0,679	CyT
I70211A	0,001*	-0,130	0,250	0,380	HyS
A70211E	0,001*	0,190	0,500	0,310	HyS
I80211A	0,038	-0,164	0,148	0,312	HyS
I30111B	0,032	0,058	0,337	0,279	HyS
P90211G	0,011	0,413	-0,125	-0,538	CyT
TOTAL	0,568	0,075	0,060	-0,015	

Tabla 5.- Frases cuyas diferencias entre las modalidades de "Ciencias y Tecnología" y "Humanidades y Sociales" son estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Se indican con un asterisco las frases cuyas diferencias alcanzan un grado de probabilidad más exigente ($p < 0,01$), así como la modalidad donde el índice de actitud es mejor.

Se puede pensar que la modalidad elegida de bachillerato (ciencias o letras) tiene una relación directa con la percepción de las clases de ciencias, por lo que parecen lógicas

las numerosas diferencias encontradas en la cuestión 50211. Sin embargo, quizás puede llamar la atención que los estudiantes de letras tengan una actitud más adecuada que los de ciencias hacia este asunto concreto en todas las frases. Así, los estudiantes de letras consideran que las clases de ciencias no les han ayudado a ser mejores consumidores, mientras que los estudiantes de ciencias tienen exactamente la opinión contraria, siendo estadísticamente significativas las diferencias en casi todas las frases que integran esta cuestión. Sin duda es excepcional que tantas frases de una misma cuestión presenten diferencias estadísticamente significativas en el análisis de diferencias entre grupos. Estos resultados parciales indican que la percepción de la utilidad de la ciencia escolar es radicalmente diferente para ambos grupos. Una interpretación inmediata sugiere que esta imagen tan diferente podría estar en el origen de la elección de los estudiantes entre estudios de ciencias y letras al empezar el bachillerato. Los estudiantes de ciencias, que sostienen una visión de la ciencia escolar claramente diferente y opuesta a la de los jueces expertos, parecen tener una visión de la ciencia escolar idealizada, que se ajusta poco a la realidad habitual. Esta imagen quizás resulte útil para elegir entre estudios de ciencias o de letras pero, a largo plazo, también podría ser perjudicial por la decepción que podría producirse al enfrentarse con la realidad en el futuro.

Además de tres de las frases (I50211B, I50211C y A50211F) correspondientes a la cuestión que se acaba de discutir, las otras frases en las que el grupo de letras muestra actitudes significativamente más positivas ($p < 0,01$) son las siguientes:

I20611B: (Los grupos de especial interés influyen sobre CyT...), porque tienen poder para decir a los científicos qué proyectos son importantes realizar y cuales no.

I70211A: (Las controversias científicas ocurren...), porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica.

A70211E: (Las controversias científicas ocurren...), por cierto número de razones como cualquier combinación de las siguientes: ausencia de hechos, desinformación, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos.

Como en el caso de la cuestión relacionada con la utilidad percibida de las clases de ciencias, resulta curioso observar que en estas dos últimas frases los estudiantes de letras perciben la naturaleza de las controversias científicas mejor que los estudiantes de ciencias. Tal vez esto sucede porque los estudiantes de ciencias tienen una visión más dogmática, objetiva y excesivamente positivista de la ciencia.

Las frases donde los estudiantes de ciencias muestran actitudes significativamente mejores ($p < 0,01$) que los estudiantes de letras son las siguientes:

I40111B: (Preocupación de los científicos por los posibles efectos negativos de los descubrimientos). La mayoría de los científicos se preocupan de los posibles efectos perjudiciales de sus descubrimientos, porque el objetivo de la ciencia es hacer de nuestro mundo un lugar mejor para vivir. Por tanto, los científicos comprueban sus descubrimientos para prevenir que no ocurran efectos perjudiciales.

A40111E: (Preocupación de los científicos por los posibles efectos negativos de los descubrimientos). Los científicos se preocupan, pero tienen poco control sobre el mal uso que se pueda hacer de sus descubrimientos.

P40211G: (Participación en la toma de decisiones sobre temas sociocientíficos). 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.

P40311E: (Sobre la búsqueda de equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología...), pero el equilibrio no tiene sentido. Por ejemplo: ¿por qué inventar máquinas para ahorrar trabajo que luego causan desempleo? o ¿por qué defender un país con armas nucleares que amenazan la vida sobre la Tierra?

P50111A: (Sobre la existencia de la división entre personas de ciencias y letras...). Existen estos dos tipos de personas. Si las personas de letras estudiaran más ciencias llegarían a comprenderlas también, porque cuanto más estudias algo más llega a gustarte y lo comprendes mejor.

P60111E: (La motivación de los científicos para trabajar...). Resolver problemas curiosos para conocimiento personal y descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, remedios médicos, soluciones a la contaminación, etc.). Todo esto junto representa la principal motivación de la mayoría de los científicos.

La mayoría de las frases que establecen las diferencias más acusadas a favor de los estudiantes de ciencias son plausibles (4 de 6) y, excepto la última, se refieren a la influencia de CyT en la sociedad. Por el contrario, la mayoría de las frases que producen las diferencias más intensas a favor de los estudiantes de letras son ingenuas (4 de 6). Estos resultados sugieren que los estudiantes de ciencias parecen percibir mejor que los de letras el carácter plausible de algunas frases, mientras que los de letras tienden a reconocer mejor que los de ciencias el carácter ingenuo de algunas afirmaciones, lo que supone una actitud CTS algo más radical. Sin embargo, en conjunto, no puede considerarse demasiado importante el número de diferencias encontradas en las actitudes relativas a las cuestiones CTS entre ambas modalidades de bachillerato, pues sólo un pequeño porcentaje de las frases valoradas (30 de 202; alrededor del 14%) establecen diferencias estadísticamente significativas entre los estudiantes de ciencias y letras.

Contraste de hipótesis: eficacia de la materia de bachillerato "Ciencia, Tecnología y Sociedad"

En este apartado se pretende contrastar la hipótesis empírica relativa a la eficacia del curso CTS, correspondiente a una materia optativa reglada de bachillerato, para modificar las actitudes CTS de los estudiantes. La hipótesis a contrastar es que los estudiantes mejoran sus actitudes relacionadas con los temas CTS de modo estadísticamente significativo al final del curso; esto es, que las puntuaciones finales de los índices serán significativamente mejores que las iniciales. Como objetivo complementario, se pretende identificar cualitativamente los aspectos más fuertes y

débiles de esta hipotética mejora en el conjunto de dimensiones CTS mediante la metodología del MRM aplicada con el COCTS.

La comparación entre los resultados iniciales y finales puede realizarse de diversas maneras. Una de ellas sería comparar los índices globales ponderados inicial ($M = 0,078$; D.E. = $0,098$) y final ($M = 0,104$; D.E. = $0,104$) de las 28 cuestiones (tabla 6), que indica un incremento positivo y, por tanto, una mejora de las actitudes globales después del curso de formación que, sin embargo, es pequeña. En efecto, la prueba t ($p = 0,12$) muestra que este cambio global no es estadísticamente significativo. La magnitud de la mejora experimentada ($0,104 - 0,078 = +0,026$) respecto al rango de puntuaciones de los índices de actitud ($-1, +1$; rango 2) es muy baja (+1%). Además, si se mide este cambio por el tamaño del efecto (el cambio medido en unidades de D.E.), que es la magnitud estadística normalizada para medir las diferencias entre dos distribuciones de valores, su valor es moderado (0,26).

En suma, el curso de formación CTS produce un cambio positivo global en los índices actitudinales, que debe interpretarse como cierta mejora, aunque su magnitud es muy moderada. Por ello, puede resultar interesante analizar cualitativamente dónde y cómo se han producido estos cambios.

El examen de las puntuaciones medias iniciales y finales para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas permite comprobar algunos cambios relevantes (tabla 6). Las puntuaciones promedio de las tres categorías muestran una alteración del patrón inicial, donde la categoría de frases adecuadas era la mejor, seguida de las plausibles y las ingenuas (índice promedio ligeramente negativo). En cambio, el patrón final está encabezado por la categoría de frases plausibles, seguido de las adecuadas, debido al fuerte incremento relativo de aquellas y al descenso de éstas; la categoría de frases ingenuas pasa a tener un índice medio ligeramente positivo, pero sigue siendo la peor. Los índices por categorías de la mayoría de las cuestiones finales repiten este patrón global de empeoramiento de las frases adecuadas y mejora de las plausibles. Las principales excepciones a este patrón aparecen en las cuestiones relativas a la sociología interna de la ciencia y a la influencia de la ciencia escolar.

Se han calculado también las diferencias entre las puntuaciones finales e iniciales de todas las cuestiones en las tres categorías con el objeto de hacer un análisis más detallado de los cambios producidos (tabla 7). El mayor incremento global tiene lugar en las frases plausibles (+0,095) seguido de las ingenuas (+0,035), mientras que hay una disminución en las frases adecuadas (-0,062). Por tanto, un segundo aspecto a resaltar del diagnóstico de los efectos producidos por el curso CTS es que mejoran las actitudes del alumnado respecto a las frases plausibles e ingenuas (sobre todo las primeras), pero empeoran las actitudes correspondientes a las frases adecuadas. Así pues, el curso parece debilitar la identificación de las creencias CTS más adecuadas y, por el contrario, fortalecer el reconocimiento de las creencias ingenuas y plausibles.

EFFECTOS DE LA MATERIA CTS EN LAS ACTITUDES CTS DEL ALUMNADO

Cuestiones	INICIAL				FINAL					
	Media Puntuaciones ^o	Adecuadas ^a	Plausibles ^a	Ingenuas ^a	Índice global ponderado*	Media Puntuaciones ^o	Adecuadas ^a	Plausibles ^a	Ingenuas ^a	Índice global ponderado*
10111	0,182	0,224	0,045	0,482	0,251	0,201	0,125	0,137	0,438	0,233
10211	0,002	0,211	0,014	-0,276	-0,017	0,101	0,153	0,160	-0,306	0,002
10412	-0,015	-	0,028	-0,073	-0,022	0,178	-	0,273	0,051	0,162
10413	0,168	0,318	0,104	0,007	0,143	0,294	0,344	0,342	0,171	0,286
20411	-0,056	-	0,026	-0,261	-0,118	-0,032	-	0,072	-0,292	-0,110
20511	-0,040	0,182	-0,049	-0,088	0,015	-0,056	0,000	0,004	-0,114	-0,037
20611	0,086	0,227	0,093	-0,004	0,105	0,114	0,026	0,193	-0,039	0,060
20811	0,166	0,206	0,112	0,397	0,238	0,232	0,226	0,199	0,403	0,276
20821	0,143	0,245	0,011	0,123	0,126	0,205	0,250	0,121	0,222	0,198
40111	0,113	0,364	0,058	-0,056	0,122	0,065	0,194	0,024	-0,003	0,071
40211	-0,028	0,206	-0,012	-0,295	-0,034	0,055	0,183	0,116	-0,196	0,034
40311	0,152	0,314	0,164	0,043	0,174	0,067	0,000	0,181	-0,183	-0,001
40511	0,185	0,312	-0,241	0,231	0,101	0,127	0,140	-0,117	0,331	0,118
40811	0,123	0,250	0,033	0,175	0,153	0,140	0,250	0,032	0,248	0,177
40821	0,171	0,000	0,110	0,253	0,121	0,250	0,000	0,243	0,258	0,167
50111	0,114	0,557	0,006	-0,005	0,186	0,168	0,435	0,154	-0,056	0,178
50211	-0,037	0,168	-0,065	-0,074	0,010	-0,034	0,048	0,137	-0,140	0,015
50311	0,049	-0,214	0,123	-0,134	-0,075	0,094	-0,336	0,196	-0,086	-0,076
60111	0,048	0,183	0,198	-0,191	0,063	0,086	-0,039	0,302	-0,047	0,072
60511	-0,031	0,371	-0,219	0,428	0,193	-0,074	0,203	-0,179	0,153	0,059
70211	0,178	0,213	0,322	-0,127	0,136	0,066	0,094	0,167	-0,148	0,037
80131	0,148	0,252	0,250	-0,264	0,079	0,207	0,230	0,448	-0,103	0,192
80211	0,106	0,074	0,153	-0,047	0,060	0,223	0,302	0,234	0,100	0,212
30111	0,152	0,386	0,000	0,058	0,148	0,131	0,302	0,000	0,062	0,121
90211	0,075	0,146	0,292	-0,117	0,107	0,153	-0,125	0,286	0,250	0,137
90511	-0,133	-0,045	-	-0,155	-0,100	-0,079	0,107	-	-0,125	-0,009
90611	-0,038	-0,027	0,143	-0,091	0,008	0,013	0,143	0,400	-0,116	0,142
91011	-0,043	0,087	0,128	-0,200	0,005	0,149	0,214	0,357	-0,012	0,187
Promedio	0,069	0,200	0,068	-0,009	0,078	0,109	0,133	0,166	0,026	0,104
Desv. Est.	0,094	0,158	0,129	0,213	0,098	0,101	0,161	0,148	0,203	0,104

(^o): Promedio de las puntuaciones medias individuales de cada frase.

(^a): Promedio de las medias de los índices actitudinales normalizados correspondientes, respectivamente, a las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de cada estudiante.

(*) : Promedio de las medias de los tres índices anteriores (adecuadas, plausibles, ingenuas).

Nota: Algunas diferencias menores pueden deberse a la reducción de la muestra de participantes final y a errores de redondeo numérico.

Tabla 6.- Resultados promedios de los índices actitudinales para las 28 cuestiones del COCTS aplicadas en los momentos inicial y final.

DIFERENCIAS ENTRE ÍNDICES FINALES E INICIALES					
Cuestiones	Media Puntuaciones °	Adecuadas ^a	Plausibles ^a	Ingenuas ^a	Índice global ponderado*
10111	0,019	-0,099	0,091	-0,044	-0,017
10211	0,099	-0,057	0,147	-0,030	0,020
10412	0,193	0,000	0,245	0,124	0,184
10413	0,126	0,025	0,238	0,164	0,143
20411	0,024	0,000	0,045	-0,030	0,008
20511	-0,016	-0,182	0,052	-0,026	-0,052
20611	0,028	-0,201	0,100	-0,035	-0,046
20811	0,066	0,020	0,087	0,006	0,038
20821	0,062	0,005	0,110	0,099	0,071
40111	-0,048	-0,170	-0,034	0,052	-0,051
40211	0,083	-0,023	0,128	0,100	0,068
40311	-0,085	-0,314	0,017	-0,227	-0,174
40511	-0,058	-0,172	0,124	0,100	0,017
40811	0,018	0,000	-0,001	0,073	0,024
40821	0,078	0,000	0,133	0,005	0,046
50111	0,054	-0,121	0,148	-0,052	-0,008
50211	0,003	-0,120	0,202	-0,066	0,005
50311	0,045	-0,122	0,073	0,048	0,000
60111	0,038	-0,222	0,104	0,144	0,009
60511	-0,043	-0,168	0,040	-0,275	-0,134
70211	-0,112	-0,119	-0,156	-0,022	-0,099
80131	0,059	-0,022	0,198	0,160	0,112
80211	0,117	0,228	0,082	0,147	0,152
30111	-0,021	-0,084	0,000	0,004	-0,027
90211	0,078	-0,271	-0,006	0,367	0,030
90511	0,055	0,152	0,000	0,030	0,091
90611	0,051	0,170	0,257	-0,024	0,134
91011	0,192	0,128	0,229	0,188	0,182
Promedio	0,039	-0,062	0,095	0,035	0,026
Desv. Est.	0,073	0,132	0,096	0,126	0,089
Suma	1,102	-1,739	2,654	0,981	0,726

Nota: Algunas diferencias menores pueden deberse a errores de redondeo numérico.

Tabla 7.- Diferencias entre los índices actitudinales finales e iniciales.

Si el análisis se centra en los cambios del índice ponderado de cada cuestión, se observan 9 cuestiones que disminuyen sus índices ponderados, lo que significa que empeoran las actitudes del alumnado relacionadas con los temas de esas cuestiones.

Las cuestiones que empeoran su índice ponderado se distribuyen por casi todas las dimensiones excepto dos ("Epistemología de la ciencia" y "Construcción social de la Tecnología"), en las que todas las cuestiones mejoran su índice ponderado. La cuestión relativa a la influencia de la ciencia en la tecnología (10412) es la que mejora más su índice (+0,184), mientras en el otro extremo, empeora más (-0,174) la cuestión que se refiere a la ambivalencia de la ciencia y tecnología respecto a sus efectos positivos y negativos (40311). Así pues, otro efecto del curso CTS es mejorar sobre todo las actitudes epistemológicas y las correspondientes a la construcción social de la tecnología.

Algo más de la mitad de las cuestiones (17 de 28) experimentan cambios negativos (descensos del índice de actitud) en las frases adecuadas, mientras la misma cantidad de cuestiones (17 de 28) mejoran en las frases ingenuas, y también mejoran la gran mayoría de las cuestiones en las frases plausibles (24 de 28). Las mayores mejoras de los índices de las frases adecuadas se dan en la cuestión del control de la tecnología por los ciudadanos (80211, +0,228), para las frases plausibles en la cuestión del método científico (90611, +0,257) y para las frases ingenuas en la cuestión de la función de los modelos científicos (90211, +0,367). Las cuestiones correspondientes a la ambivalencia de la ciencia y tecnología respecto a sus efectos positivos y negativos (40311, -0,314), las controversias en las decisiones científicas (70211, -0,156) y los efectos de género en los descubrimientos científicos (60511, -0,275) presentan los cambios más negativos en las categorías de frases adecuadas, plausibles e ingenuas.

Cuando se consideran simultáneamente los índices de las 28 cuestiones en las tres categorías, se constata que sólo una de las cuestiones disminuye los tres índices (70211, controversias en las decisiones científicas), mientras que hay cinco que mejoran los tres índices y ocho que no los empeoran. Lo más corriente es que las cuestiones presenten una estructura mixta de cambios, con una(s) categoría(s) que mejoran y otra(s) que empeoran, de modo que el cambio global en el índice ponderado de una cuestión depende de las magnitudes relativas de estos cambios. En general, los cambios de sentido diferente se compensan, de modo que las modificaciones en los niveles más generales tienden a ser menores. Además, hay algunos casos con una excesiva diferencia en la magnitud de los cambios positivos y negativos entre algunas categorías, tal como la cuestión correspondiente a los modelos científicos (90211), donde la mejora de la puntuación de la categoría de frases ingenuas es máxima y el empeoramiento de las adecuadas está entre los mayores, de manera que entre ambos hay más de 0,6 puntos de diferencia.

Estos resultados subrayan también que los cambios observados son mayores cuanto más concreto y específico es el nivel de la variable observada y, viceversa, menores cuanto más globales son las variables consideradas. De este modo, al comparar los resultados del nivel más global (índices medios globales o índices ponderados de las cuestiones) con los del nivel más concreto (puntuaciones en las tres categorías de una cuestión) se hace evidente una mayor variabilidad en las medidas, lo que permite apreciar los cambios específicos producidos. Así mismo, si se concretara aún más el análisis de los cambios producidos hasta llegar a las frases singulares se pondrían en evidencia, en algunos casos concretos, cambios de mayor magnitud que los observados en el nivel de las puntuaciones de las distintas categorías.

Avanzando más en el grado de especificidad del análisis, se han comparado las puntuaciones normalizadas correspondientes a las 202 frases de las 28 cuestiones aplicadas entre el momento final y el momento inicial. La comparación estadística se ha hecho en este caso mediante la prueba t de muestras no apareadas bajo la hipótesis de no homoscedasticidad y el criterio de dos colas. Los resultados muestran que las diferencias entre los momentos inicial y final sólo son estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en 19 frases, más de la mitad de las cuales (10) tienen una actitud final significativamente peor que la inicial. Si se toma un nivel superior de significación estadística ($p < 0,01$), sólo 6 frases presentan diferencias, la mayoría de las cuales (4) empeoran (véase un resumen en la tabla 8).

Los cambios positivos en las puntuaciones que son estadísticamente significativos pueden considerarse los aspectos más fuertes de los efectos del curso CTS para mejorar las actitudes de los estudiantes. Las frases con cambio positivo y grado de significación más exigente ($p < 0,01$) son las dos siguientes:

P10211E: (La tecnología es...) una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.

P10412F: Los conocimientos de la investigación científica aplicada se usan más en tecnología que los conocimientos de la investigación científica pura.

Las siete frases con cambio positivo y grado de significación menos exigente ($p < 0,05$) son las siguientes:

P91011D: Algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por tanto la descubren. Pero otros científicos inventan la ley a partir de los hechos conocidos.

I91011B: (Los científicos descubren las leyes...), porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.

I30111A: Relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad: Diagrama lineal ciencia – tecnología – sociedad.

P10211F: (La tecnología es...) inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).

P20611F: Los grupos de especial interés intentan tener influencia, pero no siempre tienen éxito porque los científicos y tecnólogos tienen la última palabra.

I20821B: La sociedad influye sobre la ciencia mediante las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.

P40821E: La ciencia ha fomentado la perspectiva del mundo "moderno" haciendo más permeable la sociedad.

Los cambios negativos en las puntuaciones que son estadísticamente significativos pueden considerarse los aspectos más débiles del curso CTS para mejorar las actitudes de los estudiantes. Las frases con cambio negativo y grado de significación más elevado ($p < 0,01$) son las cuatro siguientes:

EFFECTOS DE LA MATERIA CTS EN LAS ACTITUDES CTS DEL ALUMNADO

Frases	Prueba t	p < 0,01	Inicial	Final	Cambio	Texto de las frases
A10111B	0,005	p < 0,01	0,478	0,177	-0,301	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).
P10211E	0,000	p < 0,01	0,018	0,500	0,482	Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.
P10211F	0,019		0,145	0,452	0,306	Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).
P10412F	0,003	p < 0,01	0,078	0,518	0,440	Los conocimientos de la investigación científica aplicada se usan más en tecnología que los conocimientos de la investigación científica pura.
P20611F	0,036		0,050	0,333	0,283	Los grupos de especial interés intentan tener influencia pero no siempre tienen éxito porque los científicos y tecnólogos tienen la última palabra.
P20611H	0,036		0,204	-0,086	-0,290	Porque la ciencia y el gobierno deciden qué proyectos son importantes y los llevan a cabo sin importar lo que diga cualquier grupo.
I20821B	0,033		-0,245	0,000	0,245	La sociedad influye sobre la ciencia a través de las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.
A40111E	0,011		0,326	0,052	-0,274	Los científicos se preocupan pero tienen poco control sobre el mal uso que se pueda hacer de sus descubrimientos.
A40311B	0,004	p < 0,01	0,314	0,000	-0,314	Porque los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos desarrollos, a pesar de cuidadosas planificaciones y comprobaciones. Tenemos que arriesgarnos a ello.
I40311F	0,022		0,005	-0,258	-0,263	Porque algunos nuevos desarrollos nos benefician sin producir efectos negativos.
A40511B	0,016		0,394	0,145	-0,248	Porque más ciencia y tecnología harían a nuestro país menos dependiente de otros países. Nosotros mismos podríamos producir cosas.
P40821E	0,023		0,188	0,423	0,236	La ciencia ha fomentado la perspectiva del mundo "moderno" haciendo más permeable la sociedad.
I50211D	0,000	p < 0,01	0,200	-0,290	-0,490	Porque aprender sobre los productos del mercado es parte de lo que se hace en la clase de ciencias.
I30111A	0,029		-0,086	0,241	0,327	[Diagrama lineal ciencia – tecnología – sociedad, pero desconectadas de la sociedad]
I30111G	0,002	p < 0,01	0,375	-0,086	-0,461	[Diagrama ciencia – tecnología desconectadas de la sociedad]
A90211F	0,037		0,205	-0,214	-0,420	Porque cambian con el tiempo y con el estado del conocimiento, como lo hacen las teorías.
I90611I	0,048		-0,028	-0,333	-0,306	Una actitud que guía a los científicos en su trabajo.
I91011B	0,018		-0,310	0,071	0,382	Porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.
P91011D	0,029		0,071	0,500	0,429	Algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por tanto, la descubren. Pero otros científicos inventan la ley a partir de los hechos conocidos.

Tabla 8.- Frases cuyas diferencias son estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el inicio y el final de curso. Se indican los índices de actitud inicial y final, el cambio entre ambos y las frases cuyas diferencias satisfacen un grado de probabilidad más exigente ($p < 0,01$).

A10111B: (La ciencia es...) un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).

A40311B: (Siempre se necesita hacer equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología), porque los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos desarrollos, a pesar de cuidadosas planificaciones y comprobaciones. Tenemos que arriesgarnos a ello.

I30111G: Diagrama lineal ciencia – tecnología, pero desconectadas de la sociedad.

I50211D: (Las clases de ciencias me han ayudado a ser un consumidor mejor), porque aprender sobre los productos del mercado es parte de lo que se hace en la clase de ciencias.

Las seis frases con cambio negativo y grado de significación menos exigente ($p < 0,05$) son las siguientes:

A40511B: (Cuanto más se desarrollen la ciencia y la tecnología en nuestro país más rico llegará a ser), porque más ciencia y tecnología harían a nuestro país menos dependiente de otros países. Nosotros mismos podríamos producir cosas.

I40311F: (Siempre se necesita hacer equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología), porque algunos nuevos desarrollos nos benefician sin producir efectos negativos.

A40111E: Los científicos se preocupan (de los posibles efectos provechosos o perjudiciales), pero tienen poco control sobre el mal uso que se pueda hacer de sus descubrimientos.

P20611H: (Los grupos de especial interés NO tienen influencia), porque la ciencia y el gobierno deciden qué proyectos son importantes y los llevan a cabo sin importar lo que diga cualquier grupo.

I90611I: (El método científico es...) una actitud que guía a los científicos en su trabajo.

A90211F: (Los modelos científicos NO son copias de la realidad), porque cambian con el tiempo y con el estado del conocimiento, como lo hacen las teorías.

Un aspecto a destacar de los resultados correspondientes a las frases con cambios estadísticamente significativos es la ausencia de cualquier frase correspondiente a la dimensión de sociología interna de la ciencia y la tecnología. Este resultado indica la nula incidencia del curso en estas cuestiones, lo que podría interpretarse como un contenido flojo del curso, si este tema no estaba incluido en los objetivos y contenidos del curso, pero como un aspecto muy débil en el caso contrario.

Tan pocos cambios positivos estadísticamente significativos muestran que la incidencia del curso CTS está lejos de representar el aprendizaje deseado. Además, la pequeña magnitud global de las mejoras y la abundancia de frases con cambios negativos estadísticamente significativos permiten concluir que los efectos del curso CTS, aunque ligeramente positivos en conjunto, no son de gran relieve y en algunos casos tampoco consiguen evitar que las actitudes CTS del alumnado empeoren.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El principal objetivo de este estudio ha sido mostrar la capacidad del COCTS y una nueva metodología de evaluación para verificar inferencias estadísticas; en particular, aquí se ha utilizado para el análisis de diferencias entre grupos y contrastar la hipotética efectividad de la materia optativa de bachillerato "Ciencia, Tecnología y Sociedad" para modificar positivamente las actitudes del alumnado relativas a los temas CTS. Se ha aplicado para ello un conjunto de cuestiones del COCTS y una metodología basada en un modelo de respuesta múltiple.

Desde un punto de vista metodológico, las dos principales críticas que suelen hacerse contra la validez de los instrumentos normalizados de evaluación de actitudes son (i) la "percepción inmaculada", es decir, que el investigador y los participantes en la investigación comprenden siempre el texto de las cuestiones de la misma manera (Aikenhead y Ryan, 1992), y (ii) la implícita subordinación del instrumento a una perspectiva filosófica, sociológica, histórica o cultural particular (Lederman, 1992). Por su construcción empírica, el COCTS elude ambas críticas. En efecto, las múltiples frases de cada cuestión del COCTS no se limitan a reflejar los puntos de vista elegidos por el investigador sobre cada tema, sino que proporcionan en cada caso una pluralidad de razones, aportadas durante el proceso de construcción empírico por otras personas similares a los propios participantes.

También se ha atribuido a los instrumentos normalizados cierta incapacidad para extraer conclusiones sobre los cambios observados, debido a la imposibilidad de interpretar su significación e importancia prácticas y por la falta de datos que clarifiquen las creencias manifestadas y no se limiten sólo a clasificarlas (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). A efectos de normalización, las frases del COCTS se han clasificado como adecuadas, plausibles e ingenuas, pero las actitudes de los participantes no se pretenden encasillar en estas categorías, sino que se describen en una escala cuantitativa, continua e invariante mediante índices normalizados. Esta escala se ha construido a partir de las puntuaciones directas otorgadas por los participantes a las frases de cada cuestión; unas puntuaciones que reflejan diversas posiciones sobre el tema planteado, y que adquieren sentido en el contexto de cada tema, pero no fuera de él. Esta metodología contribuye a potenciar la validez de las medidas realizadas. Así, la actitud global es susceptible de interpretarse y explicarse cualitativamente y contar, además, con un indicador-resumen cuantitativo e invariante (el índice de actitud) que permite la inferencia estadística. Como en el estudio realizado por Shapiro (1996), el COCTS no sólo permite evaluar la posición adoptada ante un tema concreto, sino también las razones que dan fundamento a esta posición y permiten la descripción de los perfiles cuantitativos y cualitativos de las personas y los grupos participantes.

Respecto a la hipótesis del estudio, los resultados indican que, aunque el curso mejora globalmente las actitudes del alumnado, el progreso observado es muy débil y no resulta estadísticamente significativo. Los análisis pormenorizados para cada frase y para cada cuestión aplicada, además de confirmar el resultado anterior, permiten diagnosticar los temas concretos donde se producen los cambios significativos, tanto en sentido positivo como negativo, así como aquellos en los que no hay cambio. Por otro lado, la aplicación del instrumento y la metodología descrita también permiten un

análisis muy detallado, cuantitativo y cualitativo, de las creencias del alumnado respecto a los temas CTS, facilitando así la identificación de los aspectos fuertes y débiles de éstas (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006 en prensa).

El contraste de la hipótesis y la posibilidad de un análisis cuantitativo y cualitativo de las actitudes CTS del alumnado, aunque sucintamente expuestos por la limitación de espacio, constituyen dos logros importantes de la metodología y el banco de cuestiones (COCTS) empleados en este estudio. Además, a partir de los aspectos más débiles encontrados se podría iniciar una discusión razonable sobre las causas y razones de los modestos resultados obtenidos, que podría incluir desde la propia dificultad del cambio actitudinal, sobre la que existe una amplia bibliografía (Eagly y Chaiken, 1993), hasta la revisión del currículo de la asignatura CTS para su mejora. La extensión disponible aquí no permite más que apuntar estas posibilidades.

En suma, además de permitir descripciones y análisis cualitativos y cuantitativos de las actitudes y creencias CTS con mayor precisión y agilidad, la aplicación de las cuestiones del COCTS con el MRM también muestra la capacidad para diagnosticar los aspectos que son o no son modificados como consecuencia de haber realizado el curso de la materia CTS de bachillerato.

Además de los resultados concretos expuestos, el análisis realizado de los cambios pone en evidencia la complejidad de las actitudes CTS, así como su variabilidad entre el alumnado participante y a lo largo del tiempo. Los temas que comprende CTS son tan amplios y variados, y sus consecuencias potenciales tan diversas, que es muy difícil que cualquier estudiante pueda abarcarlos. Esto hace que, a veces, las actitudes CTS del alumnado se manifiesten de formas muy diversas e incluso contradictorias. Así, se ha comprobado que incluso algunas actitudes empeoran después del curso de formación.

La complejidad y variabilidad de las creencias CTS, en particular las que pueden empeorar significativamente en un tiempo relativamente corto si se compara con la edad o la experiencia del alumnado participante, sugieren que estas creencias no pueden considerarse solamente ideas cognitivas, esto es, conocimientos basados en conceptos o principios disciplinares. Los conocimientos conceptuales básicos de una disciplina, aprendidos durante la formación escolar, no suelen modificarse con la celeridad mostrada en este estudio. Por ello, parece claro que estas creencias no se pueden reducir a meros conocimientos cognitivos, aunque en su base también existan éstos, sino que su naturaleza abarca otras dimensiones más lábiles, de carácter emotivo y afectivo, reflejo de su naturaleza dialéctica y cambiante. El concepto más ajustado a estas propiedades de las creencias CTS del alumnado es el de actitud, que engloba cogniciones, afectos y conductas. Se concluye, pues, insistiendo en el carácter actitudinal de las creencias sobre las cuestiones CTS, más que en el de simples cogniciones sujetas a las leyes de la memoria y el aprendizaje conceptual, porque en ellas no solamente son importantes los factores cognitivos o epistémicos sino, sobre todo, los afectivos y evaluativos, que son propios y característicos de las actitudes.

REFERENCIAS

- ACEVEDO, J. A. (1992). Cuestiones de sociología y epistemología de la ciencia. La opinión de los estudiantes. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 6, 167-182.
- ACEVEDO, J. A. (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. Consultado 12/1/2006 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. Consultado 12/1/2006 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. Consultado 12/1/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo9.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16. Consultado 12/1/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo18.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2001). Una breve revisión de las creencias CTS de los estudiantes. Consultado 12/1/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.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. Consultado 15/1/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica *De los Lectores*. Consultado 4/2/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/244Acevedo.PDF>.
- 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 *De los Lectores*. Consultado 21/1/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>.
- ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2005). Orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía: un desafío educativo para el siglo XXI. En P. Membiela y Y. Padilla (Eds.), *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTS en los inicios del siglo XXI* (pp. 7-14). Vigo: Educación Editora. Consultado 19/1/2006 en <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/>.

- 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. Consultado 14/1/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo15.htm>.
- 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. Consultado 21/1/2006 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). Consultado 12/1/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2002a). Actitudes y creencias CTS de los alumnos: su evaluación con el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2. Consultado 2/2/2006 en <http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/varios1.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2002b). Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1). Consultado 2/2/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2005). Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Educación Química*, 16(3), 372-382.
- AIKENHEAD, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607-629.
- AIKENHEAD, G. S. y RYAN, A. G. (1989). *The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics*. Final Report of SSHRCC Grant. Saskatoon (Canadá): Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan.
- AIKENHEAD, G. S. y RYAN, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- AIKENHEAD, G. S., RYAN, A. G. y FLEMING, R. W. (1989). *Views on science-technology-society* (form CDN.mc.5). Saskatoon (Canada): Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan. Consultado 10/1/2006 en <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts.pdf>.
- 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, 39-55.
- BARTHOLOMEW, H., OSBORNE, J. y RATCLIFFE, M. (2004). Teaching Students "Ideas-About-Science": Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education*, 88(5), 655- 682.

- 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.
- CHO, J. (2002). The development of an alternative in-service programme for Korean science teachers with an emphasis on science-technology-society. *International Journal of Science Education*, 24(10), 1021-1035.
- 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.
- FELSKE, D. D., CHIAPPETTA, E. y KEMPER, J. (2001). A Historical Examination of the Nature of Science and its Consensus in Benchmarks and Standards. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos?. En D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martínez-Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés y A. Vilches (Eds.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 29-62). Santiago, Chile: OREALC/UNESCO.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., VALDÉS, P., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y SALINAS J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). Consultado 12/12/2005 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- FLEMING, R. W. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. II. The interaction among science, technology, and society. *Science Education*, 71(2), 163-186.
- FLEMING, R. W. (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, 913-919.
- KANG, S., SCHARMANN, L. C. y NOH, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89(2), 314-334.
- KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: An empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173-184.

- KOULALIDIS, V. y OGBORN, J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3), 273-283.
- 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, 331-359.
- LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. y SCHWARTZ, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- 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. y VÁZQUEZ, A. (2001). Opiniones sobre las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Tarbiya*, 27, 27-56.
- MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2002). Las concepciones de estudiantes y profesores de ciencia, tecnología y su relación: Consecuencias para la educación. *Revista de Ciencias de la Educación*, 191, 315-343.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2003a). Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología i societat (COCTS). Princeton, NJ: Educational Testing Service. Consultado 12/1/2006 en <http://www.ets.org/testcoll/>.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2003b). Views on science-technology-society questionnaire: Categories and applications. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (august 19-23). Consultado 4/1/2006 en <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.
- MATTHEWS, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- MATTHEWS, M. R. (1998). In Defense of Modest Goals when teaching about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 161-174.
- MCCOMAS, W. F. (1996). Ten Myths of Science: reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.
- MCCOMAS, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-72). Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic.
- 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.
- McCOMAS, W. F. y OLSON, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, pp. 41-52. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MELLADO, V. (1997). Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. *Science y Education*, 6(4), 331-354.
- MELLADO, V. (1998a). La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales. En E. Banet y A. de Pro (Eds.), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. I (pp. 272-283). Murcia: Diego Marín Editor.
- MELLADO, V. (1998b). Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 1093-1110). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- MUNBY, H. (1997). Issues of validity in science attitude measurement. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 337-341.
- RUBBA, P. A. Y HARKNESS, W. L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431.
- RUBBA, P. A., SCHONEWEG, C. S. y HARKNESS, W. J. (1996). A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument. *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400.
- RYAN, A. G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. IV. The characteristics of scientists. *Science Education*, 71(4), 489-510.
- RYAN, A. G. y AIKENHEAD, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of Science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- SMITH, M. U. y SCHARMANN, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4), 493-509.
- 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.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2002). Visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2). Consultado 12/1/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-348.

- SOLBES, J., VILCHES, A. y GIL, D. (2002). Formación del profesorado desde el enfoque CTS. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 163-175). Madrid: Narcea.
- 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. Consultado 12/1/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica *De los Lectores*. Consultado 2/2/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2005). The dark side of the nature of science: empirical consensus about naïve ideas on science. Paper presented at the 5th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): *Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*. Barcelona, Spain (28 August - 1 September, 2005).
- 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. Consultado 12/1/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 129-132). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2005). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra (VII Congreso), edición en CD.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2006 en prensa). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, (enviado para su publicación).
- 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. (1996). La interacción entre ciencia, tecnología y sociedad: actitudes de los estudiantes. *Taula*, 25/26, 145-165.

- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (1999). Response and scoring models for the 'Views on Science-Technology-Society' Instrument. *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, J. A. (2005). Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(1). Consultado 14/1/2006 en <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, J. A. (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- ZOLLER, U. y BEN-CHAIM, D. (1994). Views of Prospective Teachers versus Practising Teachers about Science, Technology and Society Issues. *Research in Science y Technological Education*, 12(1), 77-89.
- ZOLLER, U., DONN, S., WILD, R. y BECKETT, P. (1991a). Students' versus their teachers' beliefs and positions on science-technology-society oriented issues. *International Journal of Science Education*, 13(1), 25-35.
- ZOLLER, U., DONN, S., WILD, R. y BECKETT, P. (1991b). Teachers' beliefs and views on selected science-technology-society topics: A probe into STS literacy versus indoctrination. *Science Education*, 75(5), 541-561.
- ZOLLER, U., EBENEZER, J., MORELY, K., PARAS, S., SANDBERG, V., WEST, C., WOLTHERS, T. y TAN, S. H. (1990). Goal attainment in science-technology-society (S/T/S) education and reality: The case of British Columbia. *Science Education*, 74(1), 19-36.

SUMMARY

This study applies the Views on Science, Technology, and Society Questionnaire (Spanish acronym COCTS) through a new methodology of multiple answer to achieve valid and significant evaluation of the attitudes related to Science, Technology and Society (STS) topics. The study is aimed to measure the effects of the Science, Technology and Society High-school subject on the pupils' initial beliefs and attitudes. The results analyze the applied methodology, its validity for the statistical hypothesis testing on the subject's significant effects, as well as its capacity to qualitatively and quantitatively evaluate the changes of the pupil's STS attitudes through their participation in the STS subject.

Key Words: *STS Attitude Evaluation; Views on STS Questionnaire; Multiple Answer Model; "Science, Technology and Society" Curriculum Evaluation.*