



REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa

E-ISSN: 1607-4041

redie@uabc.edu.mx

Universidad Autónoma de Baja California  
México

Vázquez Alonso, Ángel; Acevedo Díaz, José Antonio; Manassero Mas, María Antonia; Acevedo Romero, Pilar  
Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple  
REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 8, núm. 2, 2006, p. 0  
Universidad Autónoma de Baja California  
Ensenada, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15508205>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Para citar este artículo, le recomendamos el siguiente formato:

Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8 (2). Consultado el día de mes de año en: <http://redie.uabc.mx/vol8no2/contenido-vazquez2.html>

---

## Revista Electrónica de Investigación Educativa

Vol. 8, No. 2, 2006

### Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple

### Students' Attitudes Assessment toward Science, Technology, and Society Through a Multiple Response Model

Ángel Vázquez Alonso (1)

[angel.vazquez@uib.es](mailto:angel.vazquez@uib.es)

Facultad de Ciencias de la Educación  
Universidad de las Islas Baleares

José Antonio Acevedo Díaz (2)

[ja\\_acevedo@vodafone.es](mailto:ja_acevedo@vodafone.es)

Inspección de Educación  
Delegación Provincial de Huelva  
Consejería de Educación de la Junta de Andalucía

María Antonia Manassero Mas (1)

[ma.manassero@uib.es](mailto:ma.manassero@uib.es)

Departamento de Psicología  
Universidad de las Islas Baleares

Pilar Acevedo Romero (3)

[pi\\_acevedo@yahoo.es](mailto:pi_acevedo@yahoo.es)

Instituto de Educación Secundaria  
"Fray Diego Tadeo González"

(1) Edificio Guillem Cifre de Colonya,  
Carretera de Valldemossa, Km. 7.5  
07122, Palma de Mallorca, España

(2) C/ Los Mozárabes 8, 3ª planta  
21071, Huelva, España

(3) Paseo Carmelitas 27-51  
37500 Ciudad Rodrigo, Salamanca, España

(Recibido: 5 marzo de 2006; aceptado para su publicación: 27 de julio de 2006)

## Resumen

En este artículo se presenta un estudio sobre la aplicación del Cuestionario de Opiniones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) con una nueva metodología y un modelo de respuesta múltiple para lograr una evaluación más válida y significativa de las actitudes relativas a los temas de ciencia, tecnología y sociedad (CTS), de una muestra de estudiantes de bachillerato. Se expone la aplicación de esta metodología y su capacidad para evaluar de una manera más precisa, cualitativa y cuantitativamente, las actitudes CTS de los estudiantes, cuyo nivel global es mediocre, ya que sobresalen, por su menor adecuación, sus creencias sobre epistemología de la ciencia. Así mismo, se muestra la falta de equivalencia entre frases aisladas para evaluar las actitudes y sus consecuencias metodológicas para la investigación de actitudes. Por último, se proponen algunas implicaciones de los resultados para la educación de los temas CTS en la escuela.

*Palabras clave:* CTS, evaluación de actitudes CTS, cuestionario de opiniones CTS, Modelo de Respuesta Múltiple, actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y tecnología.

## Abstract

This article presents the application of the Opinions on Science, Technology, and Society Questionnaire with a new methodology, which is based on the multiple answer model to achieve more valid and significant attitudes towards science, technology and society (STS) topics of a bachelor's degree students sample. The features of the methodology, and its power to assess the students' STS attitudes in a more precise, qualitative, and quantitative way, are presented. The students' attitudes are poor in general, and those attitudes related to the epistemological issues score the lowest level. The study shows the differences among the single isolated propositions to assess STS attitudes, and its methodological implications for research. Finally, some implications for the education of STS issues in the school are discussed.

*Key words:* STS, STS attitudes evaluation, views on STS questionnaire, Multiple Answer Model, students' attitudes towards science and technology.

## Introducción

En las sociedades contemporáneas, impregnadas de ciencia y tecnología (cyt), las personas manejan saberes científicos y técnicos que les permiten responder a sus necesidades cotidianas, sean éstas personales, profesionales, prácticas, culturales, lúdicas o para la participación democrática. Ciencia, tecnología y sociedad (CTS) designa un campo de estudios académicos e investigación. En la educación científica representa una innovación de la enseñanza de las ciencias, cuyo objetivo es la comprensión de la cyt en un contexto social que muestre sus conexiones con diversos ámbitos: económico, histórico, sociológico, filosófico, ambiental y cultural (Acevedo, 1996; Aikenhead, 1994a; González-García, López-Cerezo y Luján, 1996; Vázquez, 1999).

La educación CTS tiene múltiples objetivos y puede realizarse de diversas formas, aunque hoy en día todas ellas tienden a confluir en la finalidad de *alfabetización científica y tecnológica para todas las personas*, que es esencial en la enseñanza de las ciencias (Acevedo, 2004; Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002, 2005; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). Aunque no hay unanimidad entre los especialistas a la hora de precisar su significado (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Martín-Díaz, Gutiérrez-Julián y Gómez-Crespo, 2005), puede afirmarse que esta alfabetización va más allá de los objetivos de conocimientos básicos. Promueve más formación en procedimientos y, sobre todo, en actitudes; esto es, mayor interés y conciencia hacia el papel de la cyt en el mundo actual.

La meta de *ciencia para todas las personas* pretende extender la alfabetización científica y tecnológica a toda la población sin restricciones, por oposición al carácter propedéutico y elitista de la enseñanza tradicional de la ciencia. Estos objetivos tienen importantes consecuencias curriculares, metodológicas y evaluadoras, que son radicalmente diferentes a las de la educación científica tradicional. La alfabetización científica y tecnológica de todas las personas requiere enseñar contenidos inclusivos y no excluyentes, insistir en el aprendizaje de procedimientos y actitudes y adoptar criterios de evaluación acordes con ello (Aikenhead, 1994b, 2003, 2004; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005).

Durante los últimos años, diversas organizaciones internacionales y numerosos expertos en educación científica convergen en el objetivo de que los estudiantes consigan desarrollar concepciones más informadas y apropiadas sobre cyt y sus relaciones con la sociedad, como parte esencial de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. Sin embargo, la investigación empírica muestra de manera reiterada y consistente que los estudiantes no alcanzan la comprensión deseada en CTS (Acevedo, 1992, 2001; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2002; Ben-Chaim y Zoller, 1991; Fleming, 1987; Kang, Scharmann y Noh, 2005; Lederman, 1992; Manassero y Vázquez, 1998, 2001, 2002; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Ryan, 1987; Ryan y Aikenhead, 1992; Solbes y Vilches, 1997, 2002, 2004; Vázquez y Manassero, 1996; Zoller, Donn, Wild y Beckett, 1991a; Zoller et al., 1990).

## **I. Actitudes y creencias CTS**

A diferencia de los conocimientos tradicionales de cyT, en los que domina el componente cognitivo (saber, hechos, conceptos y principios), las cuestiones CTS añaden valores y normas propios de la cyT, además de otros valores sociales. Así, aunque en la base de las creencias CTS existan elementos cognitivos, su naturaleza es mucho más compleja, porque incluye estos otros aspectos más elusivos. Esta dimensión afectiva de la educación CTS se considera uno de los elementos más característicos de la misma (Acevedo, 1996; Aikenhead, 1994b; Solomon, 1994; Vázquez, 1999).

La enseñanza de los temas CTS supone, pues, la promoción de capacidades relativas al aprendizaje de valores y normas que van más allá de los contenidos cognitivos, aunque éstos también se mantengan. Enseñar y aprender CTS requiere una disposición de apertura a la comprensión de distintas posiciones sobre asuntos diversos, que implican componentes emotivos y afectivos (mostrarse a favor de una u otra posición) y conductuales (intención de actuar de acuerdo con lo elegido). Estos componentes son el núcleo del aprendizaje de valores y normas que es propio de la orientación CTS en la enseñanza de las ciencias.

Para describir este tipo de concepciones afectivas relacionadas con los temas CTS se emplean en la bibliografía diversas denominaciones, tales como creencias, opiniones, actitudes, ideas, etcétera. En psicología, el concepto de actitud da cuenta de los componentes cognitivo, afectivo y conductual de estos ítems. En una revisión de programas destinados a la mejora de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, Abd-El-Khalick y Lederman (2000) sugieren que los *enfoques implícitos* se refieren a estas concepciones como disposiciones o actitudes, mientras que los *enfoques explícitos* consideran que la mejora es básicamente un resultado cognitivo. Ambos enfoques pueden ser correctos si se precisa el concepto de actitud como una disposición psicológica personal que implica la valoración, positiva o negativa, de un objeto, mediante respuestas explícitas o implícitas, que contienen a la vez elementos cognitivos, afectivos y de conducta (Eagly y Chaiken, 1993). En suma, el concepto de *actitud*, cuyo componente principal es la valoración afectiva de un objeto, del que también forma parte su conocimiento, establece mejor el tipo de saberes propios de los temas CTS. Además, la propuesta de utilizar la noción de actitud está en sintonía con la propuesta más general de buscar los constructos elaborados en otras áreas de investigación, en particular la psicología social, como respuesta para evitar los graves problemas metodológicos de validez y fiabilidad que aparecen en la investigación propia de la didáctica de las ciencias (Shrigley y Koballa, 1992).

## **II. Instrumentos y metodologías de evaluación CTS**

Las dificultades derivadas de los aspectos metodológicos implicados en la evaluación de las actitudes CTS afectan a la validez y fiabilidad de los instrumentos

y los métodos aplicados y, en consecuencia, a la interpretación y significación de los resultados obtenidos. Diversos estudios de revisión han mostrado importantes deficiencias metodológicas en los numerosos instrumentos desarrollados en las últimas décadas (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Gardner, 1996; Munby, 1997). Entre los principales defectos señalados están los siguientes:

- Los instrumentos reflejan en exceso los prejuicios de sus diseñadores, de manera que las creencias de los investigadores se imponen implícitamente a los participantes, mediante las opciones ofrecidas (Lederman, 1992). De este modo, los resultados terminan atribuyendo a los participantes creencias que son más consecuencia del instrumento aplicado que una representación fiel de las propias.
- La hipótesis de la *percepción immaculada*, que presupone que el investigador y la persona participante perciben y comprenden el texto de un cuestionario de la misma manera (Aikenhead y Ryan, 1992; Aikenhead, Ryan, y Désautels, 1989; Lederman y O'Malley, 1990). De tal forma que el acuerdo o discrepancia con una frase siempre obedece a las mismas razones imaginadas por los diseñadores del instrumento.
- Los instrumentos normalizados limitan mucho la posibilidad de extraer conclusiones significativas y evaluar los cambios actitudinales, pues es difícil establecer con claridad qué valor numérico de las puntuaciones corresponde a una actitud “adecuada” o “inadecuada”, sobre todo, por su escasa validez de contenido (falta de correspondencia entre lo que se pretende medir y lo que realmente se mide) o por violar la unidimensionalidad de constructo, necesaria en cualquier instrumento para validar los resultados métricos y las correspondientes interpretaciones (Aikenhead, 1988; Shrigley y Koballa, 1992).

Puesto que la mayor parte de la investigación se había hecho con instrumentos de papel y lápiz, estas críticas dieron lugar a cierta prevención ante la investigación cuantitativa, que coincidió con un cambio de paradigma metodológico hacia las metodologías cualitativas más suaves y laxas (entrevistas, cuestionarios abiertos, estudios de caso, etc.). Aunque los métodos cualitativos se prestan mejor a revelar el pensamiento de los participantes, también introducen sesgos y pueden ocultar algunos aspectos clave de la investigación, en particular, las interpretaciones del investigador de los registros obtenidos (Lederman, 1992).

Aikenhead (1988) abordó este problema. Comparó la validez de diversos instrumentos (escalas Likert, cuestionarios cerrados de elección múltiple, cuestionarios empíricamente desarrollados y entrevistas) y concluyó que las entrevistas aportan mayor riqueza de datos, pero consumen mucho tiempo; por lo cual, los cuestionarios empíricamente desarrollados a partir de preguntas abiertas y entrevistas previas constituyen una tercera vía muy valiosa. Estos combinan las ventajas de los instrumentos cerrados, con la riqueza de las entrevistas; ahorran mucho tiempo de aplicación y permiten 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), que se ha usado con estudiantes y profesores (Aikenhead y Ryan, 1992; Fleming 1987, 1988; Zoller, Donn, Wild, y Beckett, 1991a,b) y Teacher's Belief about Science-Technology-Society –TBA-STs– (Rubba y Harkness, 1993; Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996), utilizado con profesores.

Partiendo de una taxonomía de actitudes relacionadas con la cyT (Vázquez y Manassero, 1995) y siguiendo pautas similares, las preguntas de estos dos instrumentos se han adaptado al contexto cultural español. Así se construyó el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad –COCTS– (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003a), cuya aplicación ha sugerido nuevas líneas metodológicas para mejorar su validez y fiabilidad, tales como:

- El cambio de un modelo de respuesta única (MRU), que proporciona información mínima sobre el pensamiento de cada participante, por otro de respuesta múltiple (MRM), que permite utilizar toda la información disponible en cada ítem.
- La creación de una nueva métrica, que permite extraer de las respuestas múltiples toda la información que contienen.
- La definición de un índice actitudinal global normalizado, con un significado métrico invariante que sintetiza con validez el conjunto de todas las respuestas emitidas.
- La clasificación de todas las frases del cuestionario en tres categorías, mediante la valoración por un panel de jueces especialistas. Esto permite la aplicación de una métrica adecuada para calcular el índice actitudinal.

Estas mejoras metodológicas permiten aplicaciones cuantitativas como la estadística inferencial y la comparación de grupos en la investigación con ítems CTS, así como progresar en técnicas propias de la investigación cualitativa, como es el caso de los diagnósticos personalizados (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003a, 2003b, 2004; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000; Vázquez y Manassero, 1999; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005, 2006).

El propósito del estudio que se expone en el presente artículo fue evaluar las creencias y actitudes CTS de un grupo de estudiantes de bachillerato, mediante el COCTS y los nuevos procedimientos metodológicos descritos. Se muestran las ventajas y posibilidades del cuestionario y el MRM aplicados, así como la capacidad de ambos para evaluar con validez y significación las creencias y actitudes CTS del alumnado. La metodología utilizada parte de una perspectiva cuantitativa, pero también permite hacer análisis cualitativos.

### **III. Metodología**

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

#### **3.1. Muestra**

Los participantes en este estudio fueron 57 estudiantes de bachillerato (33 alumnos y 24 alumnas), matriculados en la materia optativa Ciencia, Tecnología y Sociedad, en tres grupos diferentes de dos centros escolares en Palma de Mallorca (España). De ellos, 33 estudian la modalidad de Ciencias y Tecnología y 24 la de Sociales y Humanidades.

#### **3.2. Instrumento**

Los ítems aplicados en este estudio se han extraído del COCTS, un banco de 100 ítems CTS que ha sido adaptado y mejorado en su metodología de aplicación a lo largo de varias etapas, tal y como se indicó en los apartados anteriores.

Todos los ítems del COCTS tienen el mismo formato de elección múltiple. Inician 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, por ejemplo: "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 un ítem en la Tabla I).

Tabla I. Ejemplo de un ítem del COCTS

<b>10211 Definir qué es la tecnología puede resultar difícil porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:</b>											
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.										Cat.*	
<b>Grado de Acuerdo</b>											
	<b>Bajo</b>		<b>Medio</b>				<b>Alto</b>				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A	Muy parecida a la ciencia.										P
B	La aplicación de la ciencia.										I
C	Nuevos procesos, instrumentos, maquinaria, herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores o aparatos prácticos para el uso de cada día.										P
D	Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismos, máquinas.										P
E	Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.										P
F	Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).										P
G	Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores; y para el progreso de la sociedad.										A
H	Saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinaria, aparatos).										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.											

(\*) La categoría se indica con: A (adecuada), P (plausible) e I (ingenua), correspondiente a cada opción.

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 bastante rica y completa.

Los 28 ítems elegidos para este estudio incluyen 202 frases, que debían ser valoradas por los estudiantes, y representan la mayoría de las dimensiones, temas y subtemas que aborda el COCTS (ver Tabla II).

Tabla II. Ítems del COCTS, indicadas por su código numérico de identificación, aplicadas en este estudio

Temas	Subtemas	Ítems
<b>Definiciones</b>		
1. Ciencia y tecnología	01. Ciencia	10111
	02. Tecnología	10211
	04. Interdependencia	10412, 10413
3. Influencia triádica	01. Interacción ciencia/tecnología/sociedad	30111
<b>Sociología externa de la ciencia</b>		
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*
5. Influencia de la ciencia escolar en la sociedad	08. Influencia general	40811*, 40821*
	01. Unión de dos culturas	50111*
	02. Fortalecimiento social	50211*
	03. Caracterización escolar de la ciencia	50311*
<b>Sociología interna de la ciencia</b>		
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*
<b>Epistemología</b>		
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

(\*) Ítems no aplicados en el post-test.

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 ítem, ordenándose alfabéticamente (A, B, C, etc.).

### 3.3. Procedimiento

Los propios profesores de la asignatura CTS de bachillerato aplicaron en su clase los ítems seleccionados, 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 preguntas se ajusta a un MRM, en el cual cada una de las frases que componen cada ítem se valora su grado de acuerdo/desacuerdo sobre una escala de nueve puntos (Manassero y Vázquez, 1998; Vázquez y Manassero, 1999).

Cada valoración directa se transforma después en índices actitudinales (Tabla III), 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).

Tabla III. Modelo de respuesta múltiple (MRM) para un ítem 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	Núm. de frases	Escala de valoración: transformación de las puntuaciones directas									Puntuaciones actitudinales directas			Índices de actitud de categoría			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máx.	Fórmula	Mín.	Máx.	Fórmula	Mín.	
Escala directa																	
Grado de acuerdo		Total	Casi total	Alto	Parcial alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	Casi nulo	Nulo	Máx.	Fórmula	Mín.	Máx.	Fórmula	Mín.	
Adecuadas	Na	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	+4Na	$\sum a_j$	-4Na	+1	$I_a = \frac{\sum a_j}{4Na}$	-1	
Plausibles	Np	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	+2Np	$\sum p_j$	-2Np	+1	$I_p = \frac{\sum p_j}{2Np}$	-1	
Ingenuas	Nn	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	+4Nn	$\sum n_j$	-4Nn	+1	$I_n = \frac{\sum n_j}{4Nn}$	-1	
Total	N										Índice de actitud global			1	$I = \frac{I_a + I_p + I_n}{3}$	-1	

$a_j$ : Puntuación de valoración directa para la frase adecuada  $j$ .

$p_j$ : Puntuación de valoración directa para la frase plausible  $j$ .

$n_j$ : Puntuación de valoración directa para la frase ingenua  $j$ .

Na, Np, Nn: Número de frases pertenecientes a cada una de las categorías "adecuadas", "plausibles" o "ingenuas".

$\Sigma$ : Suma las puntuaciones directas desde  $j = 1$  a  $j = Na$  ( $j = Np$  o  $j = Nn$ ) para el conjunto de las frases pertenecientes a cada una de las categorías "adecuadas", "plausibles" o "ingenuas".

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 más alto cuanto más la puntuación otorgada se aproxime a 9, las ingenuas cuanto más cercanas estén al 1 y las plausibles (que incluyen aspectos parcialmente adecuados) cuanto más próximas estén al 5 (valor central de la escala).

A partir de los índices de las frases de un ítem, se pueden calcular tres nuevos índices, correspondientes a cada una de las tres categorías de frases: *adecuadas*, *plausibles* e *ingenuas*, como promedio de los índices anteriores de las frases en cada categoría.

Por último, como indicador global de la actitud de cada persona hacia el tema de un ítem se puede calcular un índice actitudinal ponderado (promedio de los índices de las tres categorías), siguiendo el procedimiento indicado en la Tabla III.

#### **IV. Resultados**

La descripción de los resultados procederá desde los aspectos cuantitativos más globales del grupo (parámetros estadísticos descriptivos de la muestra para todos los ítems aplicados), hasta los aspectos más concretos y cualitativos (diagnóstico individual, puntuaciones de las frases, creencias alternativas, etc.).

Para realizar el análisis de resultados se calcula el índice promedio de cada frase del cuestionario para toda la muestra. A partir de este índice se puede calcular una media global y los índices promedio globales de cada categoría (*adecuadas*, *plausibles* e *ingenuas*) para todo el grupo, los índices de cada categoría para cada ítem y el índice ponderado de cada ítem, así como el promedio de los índices ponderados de los 28 ítems aplicados.

##### **4.1. Actitudes del alumnado**

Los parámetros utilizados para realizar una primera aproximación a la descripción estadística son las medidas centrales de los índices actitudinales obtenidos en las respuestas de los estudiantes, tales como la media aritmética y la desviación típica de las medias en cada una de las 202 frases evaluadas por toda la muestra.

En conjunto, el análisis de la distribución de las medias de cada una de las frases indica un sesgo leve hacia valores actitudinales ligeramente positivos para toda la muestra, pues la media global de las puntuaciones medias de las frases es positiva pero próxima a cero (+0.067 puntos y D.T. = 0.229). Esto es, se obtiene un valor global positivo muy bajo de las actitudes CTS del alumnado.

Aunque se trata de un resultado esperado en principio, este valor positivo tan pequeño sugiere que las actitudes globales de los estudiantes son poco satisfactorias. La distribución de las puntuaciones medias de cada frase para toda la muestra se extiende desde un valor máximo (+0.741 en la frase ingenua I1011I) hasta un valor mínimo de -0.417 (en la frase ingenua 10412B). Como apuntan estos resultados, la distribución de los valores está sesgada positivamente, pues las puntuaciones positivas alcanzan valores más altos que bajas las negativas (Tabla IV).

Tabla IV. Parámetros estadísticos de la distribución de la media de los índices actitudinales normalizados (-1, +1) correspondientes a las respuestas de la muestra respecto al conjunto de ítems del COCTS

	Media de puntuaciones <sup>o</sup>	Adecuadas <sup>a</sup>	Plausibles <sup>a</sup>	Ingenuas <sup>a</sup>	Índice global ponderado <sup>*</sup>
Media	0.067	0.231	0.063	-0.025	0.080
Dv. est.	0.229	0.166	0.168	0.279	0.101
Máximo	0.741	0.557	0.500	0.741	0.251
Mínimo	-0.417	-0.214	-0.391	-0.417	-0.118
Rango	1.157	0.771	0.891	1.157	0.368

(<sup>o</sup>): Promedio de las puntuaciones medias individuales de cada frase.

(<sup>a</sup>): Promedio de las medias de los índices actitudinales normalizados de las frases adecuadas, plausibles e ingenuas, respectivamente, de cada estudiante.

(<sup>\*</sup>): Promedio de las medias de los tres anteriores (adecuadas, plausibles, ingenuas).

#### 4.2. Parámetros generales de la distribución

Para obtener una imagen más rica de las actitudes de los estudiantes es necesario poner de manifiesto detalles adicionales de la distribución de los índices medios de las frases e ítems. Un primer paso para ello es analizar los parámetros globales descriptivos del grupo (índices promedios) de cada una de las categorías de frases adecuadas, plausibles e ingenuas.

Estos índices promedio muestran notables diferencias entre las tres categorías. En efecto, los índices de las frases adecuadas son positivos y los más altos, ligeramente positivos los de las plausibles y ligeramente negativos los de las ingenuas. Así pues, la contribución de las tres categorías al índice actitudinal global es diferente. Mientras que las frases adecuadas contribuyen de forma moderadamente positiva, las frases ingenuas y plausibles lo hacen en menor medida, aunque de manera opuesta. De otro modo, los estudiantes participantes parecen tener más facilidad para identificar las frases adecuadas, mucho menos para las plausibles y aún menos para las ingenuas.

Por el contrario, el rango de amplitud y la desviación estándar de las puntuaciones obtenidas para cada categoría, muestran un orden inverso al anterior, correspondiendo el mayor rango a las frases ingenuas y el menor a las adecuadas. Este patrón de variación global entre las categorías sugiere que la adhesión de los estudiantes a las posiciones más adecuadas de los ítems CTS parece un poco más fácil que a las frases ingenuas y plausibles.

El resultado anterior pone en evidencia hasta qué punto la medida de la actitud puede cambiar significativamente según la categoría de la frase aplicada. Este asunto tiene importantes consecuencias metodológicas para la validez de los instrumentos de evaluación de actitudes, que se abordarán en el apartado dedicado a la discusión.

### 4.3. Aspectos fuertes y débiles de las actitudes CTS

Es posible realizar estudios cualitativos de preguntas concretas analizando los índices medios de cada frase de un ítem. Éstos proporcionan información directa de la actitud global de la muestra (o de cada persona) respecto a la creencia expresada en cada frase. Las puntuaciones actitudinales más altas y más bajas de las frases son los indicadores de los aspectos más fuertes y más débiles de las actitudes del alumnado, respectivamente.

Las puntuaciones altas corresponden a las creencias más concordantes con una comprensión apropiada de la ciencia y la tecnología, desde una perspectiva actual de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia; mientras que las puntuaciones bajas representan las ideas más discordantes (ver Tabla V).

Tabla V. Frases cuyo índice medio resulta muy alto y representan actitudes correctas de los estudiantes

Frase	Índice	Texto de la frase
A10111B	0.478	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).
A10413D	0.329	Los avances tecnológicos conducen a progresos en la ciencia.
A10413F	0.353	La tecnología suministra herramientas y técnicas para la ciencia.
A20821C	0.386	Los científicos son miembros de la sociedad. Cuando se extiende el interés de la sociedad por un tema, los científicos están más dispuestos a estudiarlo.
A30111E	0.458	[Diagrama con interacción igual ciencia, tecnología y sociedad, ver Anexo 1]
A30111F	0.315	[Diagrama con interacción ciencia, tecnología y sociedad más débil entre ciencia y sociedad, ve Anexo 2].
A40111D	0.402	Los científicos se preocupan, pero posiblemente no pueden saber todos los efectos a largo plazo de sus descubrimientos.
A40111E	0.326	Los científicos se preocupan, pero tienen poco control sobre el mal uso que se pueda hacer de sus descubrimientos.
A40211D	0.491	La decisión debería ser tomada de manera compartida. Las opiniones de los científicos e ingenieros, otros especialistas y los ciudadanos informados deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad.
A40311B	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.
A40511B	0.394	Porque más ciencia y tecnología harían a nuestro país menos dependiente de otros países. Nosotros mismos podríamos producir cosas.
A40811C	0.356	La tecnología forma parte de todos los aspectos de nuestras vidas, desde el nacimiento hasta la muerte.
A50111E	0.557	No existen sólo estos dos tipos de personas. Hay tantas clases de personas como preferencias individuales posibles, incluyendo las que entiende ambas, las ciencias y las letras.

A60511G	0.371	Porque cualquier diferencia en sus descubrimientos es debida a las diferencias individuales. Tales diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer.
A80131B	0.297	La decisión depende de algo más que sólo las ventajas o desventajas de la tecnología. Depende de lo bien que funcione, de su coste y su eficiencia.
I10111I	0.741	No se puede definir la ciencia.
I10412A	0.569	La ciencia no influye demasiado en la tecnología.
I10413A	0.373	La tecnología no influye en gran medida sobre la ciencia.
I20811A	0.397	La sociedad no influye demasiado en la tecnología.
I20821A	0.491	La sociedad no influye demasiado en la ciencia.
I30111G	0.375	Interacción mutua entre ciencia, tecnología y sociedad (gráfico)
I40811A	0.618	La tecnología no influye demasiado en la sociedad.
I40821A	0.559	La ciencia no influye demasiado en la sociedad.
I40821B	0.373	La ciencia influye directamente sólo en aquellas personas de la sociedad que tienen interés por la ciencia.
I60511I	0.387	Los hombres realizarían descubrimientos algo diferentes, porque los hombres son mejores que las mujeres en ciencia.
I60511J	0.469	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.
P70211C	0.482	Porque diferentes científicos interpretan los hechos o su significado de manera diferente. Esto sucede a causa de las diferentes teorías científicas, NO por valores morales o motivaciones personales.
P70211D	0.500	Principalmente por hechos diferentes o incompletos, pero parcialmente a causa de los diferentes valores morales, opiniones o motivaciones personales.
P90211G	0.333	Porque estos modelos deben ser ideas o conjeturas bien informadas, ya que el objeto real no se puede ver.

Las frases con las puntuaciones máximas representan las creencias de los estudiantes que están más de acuerdo con una adecuada comprensión de la ciencia y la tecnología. Las cinco frases con puntuaciones más altas y positivas que cumplen el criterio exigente de superar la media muestral en más de dos desviaciones típicas son mayoritariamente ingenuas (sombreadas en la Tabla V). Entre ellas están las cuatro creencias siguientes:

- La ciencia no se puede definir (I10111I).
- La ciencia no influye demasiado en la tecnología (I10412A).
- La tecnología no influye demasiado en la sociedad (I40811A).
- La ciencia no influye demasiado en la sociedad (I40821A).

Todas ellas son afirmaciones fácilmente asumibles en una sociedad desarrollada, donde la ciencia y la tecnología están permanentemente presentes en la vida diaria y en la sociedad (p.e., en los medios de comunicación social y en la

publicidad), y que, por tanto, no necesitan conocimientos excesivos de cyT para ser reconocidas. La frase adecuada (A50111E) que afirma que “no existen sólo dos tipos de personas (científicos y no científicos), ya que hay tantas clases de personas como preferencias individuales posibles, incluyendo las que entiende ambas, las ciencias y las letras”, también parece una idea relativamente evidente en la sociedad contemporánea, por lo que tampoco sorprende demasiado el elevado valor de su índice.

Si se aplica el criterio menos exigente de que las puntuaciones más altas superen a la media muestral en más de una desviación típica se obtienen 29 frases (Tabla V). Entre ellas hay 15 frases adecuadas, 11 ingenuas y solamente 3 plausibles, de modo que la mayoría de las mejores creencias de los estudiantes participantes se corresponden con frases clasificadas como *adecuadas* por los jueces. Este análisis vuelve a confirmar de nuevo la idea de que las diferentes frases no son equivalentes para el diagnóstico de actitudes: las frases adecuadas e ingenuas son mucho mejor identificadas que las plausibles por los estudiantes.

En el otro extremo, las frases con las puntuaciones mínimas representan las creencias de los estudiantes que están menos de acuerdo con una buena comprensión de la ciencia y la tecnología. Podrían interpretarse como ideas alternativas sobre la naturaleza de la ciencia, respecto a los conocimientos actuales de filosofía, historia y sociología de la ciencia.

En este caso, también se pueden usar dos criterios para su identificación. Si se aplica el criterio menos exigente de que las puntuaciones sean inferiores en más de una desviación típica a la media de la muestra se obtienen las 40 frases que aparecen en la Tabla VI. De ellas 28 son frases ingenuas, 11 plausibles y sólo una adecuada.

Tabla VI. Frases cuyo índice medio resulta muy bajo y representan actitudes incorrectas de los estudiantes

Ítem	Índice	Frases
A50311F	-0.214	Ninguno, ni los programas de TV ni las clases de ciencias dan imágenes exactas de la ciencia. Los programas de TV exageran, distorsionan y simplifican en exceso. Las clases de ciencias solo dan apuntes, problemas y detalles que no se aplican en la vida diaria
I10211B	-0.276	La aplicación de la ciencia.
I10412B	-0.417	Tecnología es ciencia aplicada.
I10412G	-0.371	La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.
I10413G	-0.359	La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.
I20411F	-0.250	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).

I20411G	-0.273	Porque los científicos investigarán temas que son de importancia para la ciencia y ellos mismos, independientemente de las opiniones culturales o éticas.
I20511E	-0.186	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.
I20511F	-0.185	Porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia, aunque ello les ayudaría en sus vidas.
I20511H	-0.190	Porque no está bien que otro decida si un estudiante debería elegir más ciencias.
I20821B	-0.245	La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.
I40111B	-0.291	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.
I40211A	-0.241	Porque tienen la formación y los datos que les dan una mejor comprensión del tema.
I40211B	-0.350	Porque tienen el conocimiento y pueden tomar mejores decisiones que los burócratas del gobierno o las empresas privadas, que tienen intereses creados.
I40811B	-0.268	Porque tienen la formación y los datos que les dan una mejor comprensión del tema.
I40821C	-0.173	La ciencia está disponible para el uso y beneficio de todos.
I50211B	-0.196	Porque pueden no tener la capacidad o el talento para comprender la ciencia. Estudiar más ciencia no les dará esa facultad.
I50211C	-0.211	Porque pueden no estar interesados por la ciencia. Estudiar más ciencias no cambiará su interés.
I60111G	-0.347	Descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, remedios médicos, soluciones a la contaminación, etc.)
I80131A	-0.264	La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de los beneficios para la sociedad, porque si hay demasiadas desventajas, la sociedad no la aceptará y esto puede frenar su desarrollo posterior.
I90211B	-0.179	Porque hay muchas pruebas científicas que demuestran que son verdaderos.
I90211C	-0.198	Porque son verdaderos para la vida. Su objetivo es mostrarnos la realidad o enseñarnos algo sobre ella.
I90511B	-0.366	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan, es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.
I90511C	-0.214	Porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.
I90611D	-0.250	Obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.
I90611E	-0.207	Comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.
I90611F	-0.304	Postular una teoría y después crear un experimento para probarla.
I91011B	-0.310	Porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.
I91011F	-0.183	Depende en cada caso; las leyes se descubren y las teorías e hipótesis se inventan.
P10211A	-0.241	Muy parecida a la ciencia.

P10412C	-0.184	El avance en ciencia conduce a nuevas tecnologías.
P40511A	-0.241	Porque la ciencia y la tecnología traen mayor eficiencia, productividad y progreso.
P40811E	-0.170	La tecnología proporciona a la sociedad los medios para mejorar o destruirse a sí misma, dependiendo de cómo se ponga en práctica.
P40821G	-0.167	La ciencia influye sobre la sociedad a través de la tecnología.
P50211G	-0.202	Porque las clases de ciencias no tienen nada que ver con los consumidores o el mundo real. Por ejemplo, la fotosíntesis, los átomos y la densidad no me ayudan a tomar mejores decisiones como consumidor.
P60511A	-0.391	Porque cualquier buen científico hará el mismo descubrimiento que otro buen científico.
P60511B	-0.344	Porque científicos y científicas tienen la misma formación.
P60511C	-0.234	Porque por encima de todo los hombres y las mujeres son igual de inteligentes.
P60511D	-0.167	Porque hombres y mujeres son iguales respecto a lo que quieren descubrir en ciencia.
P60511F	-0.339	Porque todos somos iguales, independientemente del trabajo que hagamos.

*Nota:* El criterio utilizado ha sido alcanzar un índice inferior en más de una desviación típica a la media de la muestra (la única frase cuyo índice supera en más de dos desviaciones típicas a la media de la muestra aparece sombreada)

Tan solo una frase cumple el criterio más exigente de que la puntuación sea inferior en más de dos desviaciones típicas a la media de la muestra. Esta frase se corresponde con la conocida creencia ingenua de que la tecnología es ciencia aplicada, que aparece formulada de otras maneras un poco distintas en tres frases más con índices negativos significativos.

Entre las demás ideas alternativas hay diversas creencias ingenuas sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, como que la investigación científica continúa independientemente de las opiniones culturales o éticas y a pesar de los enfrentamientos entre científicos y ciertos grupos religiosos o culturales o, por otro lado, que la demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.

Aparece cierta tendencia al científicismo cuando se admite de modo ingenuo que la ciencia consiste en “descubrir nuevas ideas” o “inventar cosas para beneficio de la sociedad”. También hay un exceso de confianza en los científicos cuando se considera que la mayoría de ellos se preocupa de los posibles efectos perjudiciales de sus descubrimientos, tienen la formación y los datos que les da mejor comprensión de los temas, o disponen del conocimiento y no actúan por intereses personales.

Otras creencias ingenuas destacadas son que la ciencia está disponible para el uso y beneficio de todas las personas; pero no se debe estudiar más ciencia en la escuela, porque ello no dará a los estudiantes la facultad de comprenderla mejor ni mejorará su interés hacia ella. Además, se cree que no se puede forzar a la

gente a estudiar ciencia, ya que a algunas personas no les gusta, no todas las personas la pueden comprender u otras personas no deberían decidir por los estudiantes lo que éstos tienen que estudiar.

Las ideas más ingenuas relativas a la epistemología de la ciencia, que se pueden observar en la Tabla VI, también muestran la credulidad de los estudiantes en el carácter absoluto y acumulativo del conocimiento científico, un cierto realismo ingenuo impregnado de más convicción en el descubrimiento que en la invención y construcción del conocimiento científico, así como creencias en la capacidad de los experimentos para probar hipótesis, en las teorías como leyes maduras y en la existencia de un método científico universal.

En suma, los estudiantes participantes en este estudio manifiestan un conjunto de creencias CTS ingenuas, que incluyen algunas coincidentes con resultados de investigaciones anteriores sobre la naturaleza de la ciencia y otras que aportan nuevos perfiles de las actitudes CTS de los estudiantes.

#### **4.4. Diagnóstico de las actitudes relativas a un ítem CTS**

Partiendo de los índices de actitud normalizados obtenidos para cada frase, se puede calcular un índice global para cada ítem, que representa la actitud hacia el tema en ella planteado. Este cálculo se puede hacer por dos procedimientos. En el primero se calcula la media aritmética de los índices actitudinales de todas las frases que integran cada ítem (índice de actitud global medio). El segundo, que es un poco más sofisticado, consiste en calcular primero los promedios correspondientes al conjunto de las frases por categorías (adecuadas, plausibles e ingenuas) del ítem por separado, con lo que se obtienen tres índices (uno por cada categoría), para calcular después el promedio de éstos (índice de actitud global ponderado), siguiendo el procedimiento descrito en la parte derecha de la Tabla III. Por diversas razones, sobre todo debido a la mejor ponderación de las distintas categorías, se aplicará este segundo método a pesar de su mayor complejidad (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005).

Análogamente, se puede repetir el análisis cualitativo para cada frase individual con el fin de identificar los aspectos más fuertes y más débiles, así como para cada una de las categorías, analizando los índices medios de éstas, correspondientes a los diversos ítems. Como ejemplo, en la Tabla VII se resume el cálculo de los índices correspondientes, realizado por ambos métodos, en tres ítems: uno, con un gran número de frases plausibles (10211); otro, con un gran número de frases ingenuas (90611), y un tercero más equilibrado en los tipos de frases (91011). Los índices de las tres categorías suponen una aproximación al pensamiento global de la muestra (o de cada estudiante), que pone en evidencia los aspectos fuertes y débiles relativos a las creencias más ingenuas o más adecuadas de una cuestión.

Tabla VII. Valores de los índices correspondientes a tres ítems

Media de puntuaciones <sup>o</sup>	Adecuadas <sup>a</sup>	Plausibles <sup>a</sup>	Ingenuas <sup>a</sup>	Índice global ponderado <sup>*</sup>	Frase	Media
Ítem	10211					
					P10211A	-0.241
					I10211B	-0.276
					P10211C	0.088
					P10211D	0.152
					P10211E	0.018
					P10211F	0.145
					A10211G	0.211
0.002	0.211	0.014	-0.276	-0.017	P10211H	-0.079
Ítem	90611					
					I90611A	0.121
					I90611B	-0.043
					I90611C	0.071
					I90611D	-0.250
					I90611E	-0.207
					I90611F	-0.304
					P90611G	0.125
					P90611H	0.161
					I90611I	-0.028
-0.038	-0.027	0.143	-0.091	0.008	A90611J	-0.027
Ítem	91011					
					I91011A	-0.107
					I91011B	-0.310
					P91011C	0.185
					P91011D	0.071
					A91011E	0.087
-0.043	0.087	0.128	-0.200	0.005	I91011F	-0.183

(<sup>o</sup>): Promedio de las puntuaciones medias individuales de las frases.

(<sup>a</sup>): Promedio de las medias de los índices actitudinales normalizados de las frases adecuadas, plausibles e ingenuas, respectivamente, de cada estudiante.

(<sup>\*</sup>): Promedio de las medias de los tres anteriores (adecuadas, plausibles, ingenuas).

Los resultados del índice global para los ítems indicados son semejantes (en torno a cero), pero cuando se analizan las puntuaciones de las tres categorías destacan los siguientes aspectos:

- El primer ítem (10211) repite el patrón general de la muestra global, con un índice moderadamente positivo de las frases adecuadas, un índice alrededor de cero para las plausibles y un índice negativo para las frases ingenuas. El aspecto más fuerte de este ítem es el reconocimiento de ideas adecuadas, mientras que el más débil es la escasa identificación de frases ingenuas.
- El índice correspondiente al método científico (90611) tiene su punto fuerte en la identificación de frases plausibles, pero falla en el reconocimiento de ideas adecuadas e ingenuas.

- Por el contrario, la actitud hacia el carácter de descubrimiento o de invención de las teorías científicas (91011) tiene el punto más fuerte en el índice de frases plausibles, mientras el más débil es el de las frases ingenuas.

Si este análisis, basado en índices cuantitativos, se extiende a las frases individuales también se pueden conseguir nuevos resultados y precisiones sobre las valoraciones de las actitudes. Por ejemplo, en la categoría plausible del ítem 10211, aunque el promedio es casi cero, hay diferencias entre las puntuaciones de las diversas frases de este tipo, unas nítidamente positivas y otras claramente negativas. De modo que este análisis un poco más minucioso permite aproximarse aún más a los logros y carencias del grupo (o de las personas consideradas individualmente).

Desde una perspectiva docente, resulta obvio el valor formativo de este tipo de evaluación y el análisis cualitativo hecho a partir de los datos cuantitativos obtenidos. Así, para los ítems anteriores, la planificación de la enseñanza requeriría actuaciones de distinto signo en función de los aspectos fuertes y débiles. En este caso, los aspectos débiles más comunes se refieren a las creencias ingenuas; en otros, tal vez se requeriría una metodología de conflicto entre las creencias adecuadas e ingenuas.

#### **4.5. Diagnóstico de las actitudes hacia un tema**

Además de microanálisis cuantitativos y cualitativos para cada cuestión, como los que se acaban de exponer, también es posible realizar un estudio más amplio, centrado en una dimensión CTS específica (p.e., las actitudes hacia la influencia de la sociedad en la cyT), mediante el análisis de un conjunto de ítems correspondientes a la misma dimensión. A continuación, se describen algunos resultados extraídos de las respuestas que los estudiantes participantes dieron a las preguntas de cada dimensión (Tabla VIII).

Tabla VIII. Índices promedio para cada una de las preguntas del COCTS

Preguntas	Media de puntuaciones <sup>o</sup>	Adecuadas <sup>a</sup>	Plausibles <sup>a</sup>	Ingenuas <sup>a</sup>	Índice global ponderado <sup>*</sup>
C10111	0.182	0.224	0.045	0.482	0.251
C10211	0.002	0.211	0.014	-0.276	-0.017
C10412	-0.015		0.028	-0.073	-0.022
C10413	0.168	0.318	0.104	0.007	0.143
C30111	0.152	0.386	0.000	0.058	0.148
C20411	-0.056		0.026	-0.261	-0.118
C20511	-0.040	0.182	-0.049	-0.088	0.015
C20611	0.086	0.227	0.093	-0.004	0.105
C20811	0.166	0.206	0.112	0.397	0.238
C20821	0.143	0.245	0.011	0.123	0.126
C40111	0.113	0.364	0.058	-0.056	0.122
C40211	-0.028	0.206	-0.012	-0.295	-0.034
C40311	0.152	0.314	0.164	0.043	0.174
C40511	0.185	0.312	-0.241	0.231	0.101
C40811	0.123	0.250	0.033	0.175	0.153
C40821	0.171	0.000	0.110	0.253	0.121
C50111	0.114	0.557	0.006	-0.005	0.186
C50211	-0.037	0.168	-0.065	-0.074	0.010
C50311	0.049	-0.214	0.123	-0.134	-0.075
C60111	0.048	0.183	0.198	-0.191	0.063
C60511	-0.031	0.371	-0.219	0.428	0.193
C70211	0.178	0.213	0.322	-0.127	0.136
C80131	0.148	0.252	0.250	-0.264	0.079
C80211	0.106	0.074	0.153	-0.047	0.060
C90211	0.075	0.146	0.292	-0.117	0.107
C90511	-0.133	-0.045		-0.155	-0.100
C90611	-0.038	-0.027	0.143	-0.091	0.008
C91011	-0.043	0.087	0.128	-0.200	0.005
<b>Promedio</b>	0.069	0.200	0.068	-0.009	0.078
<b>Desv. Estándar</b>	0.094	0.158	0.129	0.213	0.098

(<sup>o</sup>): Promedio de las puntuaciones medias individuales de cada frase.

(<sup>a</sup>): Promedio de las medias de los índices actitudinales normalizados de las frases adecuadas, plausibles e ingenuas, respectivamente, de cada estudiante.

(<sup>\*</sup>): Promedio de las medias de los tres anteriores (adecuadas, plausibles, ingenuas).

### **a) Definiciones de ciencia y tecnología**

La dimensión *Definiciones de ciencia y tecnología* se evalúa por cuatro preguntas sobre: la definición de ciencia (10111), la definición de tecnología (10211) y la dependencia mutua entre ciencia y tecnología (10412, 10413). Para completarla, también se incluye en esta dimensión una pregunta relativa a la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad (30111).

En conjunto, las actitudes globales hacia esta dimensión son bajas, aunque positivas. Las actitudes globales más positivas de las preguntas (en torno a +0.20) se obtienen para la definición de ciencia, la influencia de la tecnología en la ciencia y la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad. Por el contrario, las actitudes globales más bajas (en torno a cero) se obtienen para la definición de tecnología y la influencia de la ciencia en la tecnología.

El perfil general de los índices actitudinales por categorías muestra ciertas semejanzas y algunas diferencias. Las semejanzas se dan en las puntuaciones de las frases adecuadas, que son las más positivas en todos los casos (índices entre +0.2 y +0.4), y en las puntuaciones de las frases plausibles, que se agrupan en valores próximos a cero (entre 0 y +0.1). Las diferencias aparecen en los índices correspondientes a las frases ingenuas, que destacan por una gran dispersión de valores positivos y negativos, desde un valor muy positivo en el caso de la definición de ciencia (cerca de +0.5) hasta un valor muy negativo en la definición de tecnología (próxima a -0.3).

Los perfiles de variación entre las categorías son decrecientes en tres ítems, desde las frases adecuadas a las ingenuas, pasando por las plausibles (intermedias); mientras los perfiles de los otros dos ítems muestran una variación en V (adecuadas: alto; plausibles: mínimo; ingenuas: alto). En resumen, el perfil global de esta dimensión muestra los índices más altos en las frases adecuadas, intermedios (cerca de cero) para las plausibles y muy dispersos en las ingenuas.

### **b) Sociología externa de la ciencia**

La dimensión *Sociología externa de la ciencia* es la más extensa en cuanto al número de temas representados. Comprende dos subdimensiones: la "Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología" y la "Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad".

En la primera subdimensión se incluyen los temas de ética (20411), las instituciones educativas (20511), los grupos de interés especial (20611) y la influencia general entre sociedad y ciencia y tecnología (20811, 20821). Las actitudes globales son muy variables, según el tema abordado en las preguntas. La pregunta con mayor puntuación (superior a +0.20) es la relativa a la influencia general de la sociedad en la tecnología (20811). Las correspondientes a los grupos de interés especial (20611) y a la influencia general de la sociedad en la ciencia (20821) son moderadamente positivas. El índice de actitud es

prácticamente nulo en la pregunta relacionada con estudiar más ciencia y tecnología en las instituciones educativas (20511) y moderadamente negativo en la pregunta sobre la influencia de las creencias éticas sobre la ciencia (20411).

Los índices por categorías muestran un perfil semejante a la dimensión anterior (definiciones de ciencia y tecnología): los índices más positivos aparecen en la valoración de las frases adecuadas (en torno a +0.2), seguidas de las frases plausibles, en este caso con mayor dispersión (agrupadas en torno a valores próximos a cero, entre un valor ligeramente negativo y +0.1), y valores muy dispersos en los índices de las frases ingenuas, donde se puede observar desde un valor muy positivo para las frases ingenuas de la influencia de la sociedad sobre la ciencia (+0.4), hasta un valor muy negativo para las frases ingenuas de la influencia de las creencias éticas (casi -0.3).

Tres perfiles de variación son decrecientes desde las frases adecuadas a las ingenuas, pasando por las plausibles (intermedias), mientras que otros dos muestran una variación en V (adecuadas: alto; plausible: mínimo; ingenuas alto). En resumen, esta subdimensión muestra los índices más altos en la categoría adecuada, cercano a cero en la plausible y muy disperso en la ingenua.

En la segunda subdimensión se incluyen los temas de la responsabilidad social (40111), las decisiones sociales (40211), los problemas sociales (40311), el bienestar económico (40511) y la influencia general de la ciencia y la tecnología en la sociedad (40811, 40821).

Los índices de las actitudes globales (promedio e índice ponderado de los ítems) para estas preguntas son muy similares entre sí y moderadamente positivos (entre +0.1 y +0.2), con excepción de la pregunta relativa a las decisiones sociales (ligeramente negativo). Los índices de las tres categorías muestran puntuaciones poco agrupadas y con gran variación entre los distintos ítems dentro de cada categoría. En el caso de las frases adecuadas las puntuaciones son positivas en todas las preguntas, excepto en la 40821 (índice cero), mientras que en las plausibles e ingenuas son positivas y negativas.

La variación a lo largo de las tres categorías muestra un perfil dominante en la mitad de los ítems (40111, 40211 y 40311) de decrecimiento desde la categoría adecuada (la más positiva) hasta la ingenua (más negativa o menos positiva), con una posición intermedia para la categoría plausible. Un ítem (40821) presenta un perfil inverso, creciente desde la categoría adecuada (la menos positiva) hasta la ingenua (la más positiva). Los otros dos ítems (40511 y 40811) tienen un perfil en V (alto en las frases adecuadas, mínimo en las plausibles y alto en las ingenuas).

Los índices más positivos aparecen en la valoración de las frases adecuadas (entre 0 y +0.4), seguidas de las frases plausibles (entre +0.2 y -0.2) y están más dispersos en las frases ingenuas, desde un valor claramente positivo en ocasiones (superior a +0.2), hasta un valor bastante negativo en la cuestión correspondiente a la toma de decisiones sociales (-0.3).

En resumen, esta subdimensión muestra los índices más altos en la categoría adecuada, cercano a cero en la plausible y muy disperso en la ingenua, pero con una amplia variación de las puntuaciones entre los distintos ítems dentro de cada categoría.

Como un aspecto más de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, se han aplicado también algunas preguntas específicas relacionadas con la influencia de la ciencia escolar en la sociedad, tales como su contribución a la unión entre la cultura científica y humanística (50111), la utilidad de la ciencia escolar (50211) y la caracterización escolar de la ciencia (50311). Los índices de las actitudes globales (promedio y ponderado) para estos ítems son muy bajos, sobre todo, para las dos últimas, y diferentes entre sí (positivo, casi nulo y ligeramente negativo). La variación a lo largo de las tres categorías muestra perfiles muy irregulares y diferentes a los descritos anteriormente.

Los índices de los ítems en las tres categorías muestran gran diversidad. En el caso de las frases adecuadas las puntuaciones oscilan entre un máximo muy positivo (+0.5) y un mínimo bastante negativo (-0.2), en las ingenuas todos son negativos (entre 0 y -0.1) y en las plausibles se mueven entre valores positivos y negativos en torno al cero.

En resumen, el tema *Influencia de la ciencia escolar en la sociedad* muestra índices próximos a cero en la mayoría de los casos y una variación irregular en las puntuaciones de los distintos ítems, dando lugar a actitudes globales relativamente más bajas.

### **c) Sociología interna de la ciencia**

La *sociología interna de la ciencia* incluye dos ítems relativos a las características de los científicos, como son las motivaciones de éstos para investigar (60111) y los efectos de género en la ciencia (60511). Además incluye un ítem relacionado con la construcción social del conocimiento científico, que trata de las decisiones que toman los científicos (70211), y dos correspondientes a la construcción social de la tecnología, que se refieren a las decisiones tecnológicas (80131) y la autonomía de la tecnología (80211).

Los resultados para esta dimensión presentan una clara diferencia entre el ítem relativo al género en la ciencia (60511) y las demás, por lo que se tratará aparte. El ítem del género presenta la única actitud negativa (-0.03) de esta dimensión como promedio directo de las frases y, a la vez, la más positiva (+0.20) como índice ponderado. Los índices por categorías muestran una variación en V (alto en las frases adecuadas –máximo de la dimensión–, mínimo en las plausibles –negativo– y alto en las ingenuas –también máximo de la dimensión–).

El resto de los ítems de esta dimensión presenta parámetros globales similares a los ya observados; pero con un nuevo perfil de variación entre las tres categorías. Los índices actitudinales globales, tanto promedios como ponderados, se agrupan en una banda moderadamente positiva por debajo de +0.20.

El perfil de los índices según las tres categorías muestra una puntuación positiva y similar para las frases adecuadas y plausibles, seguida de una caída brusca a un mínimo negativo en las frases ingenuas.

En resumen, el perfil dominante de las actitudes en esta dimensión (con la excepción de la relativa al género) muestra índices similares (más altos y positivos) en las categorías adecuadas y plausibles, y una puntuación negativa en las categorías ingenuas.

#### **d) Epistemología**

La dimensión *Epistemología*, también denominada (de modo reduccionista) en la bibliografía especializada por muchos autores como “Naturaleza de la ciencia”, contiene muchos asuntos esenciales sobre la naturaleza del conocimiento científico. Se incluyen temas relativos al carácter de los modelos científicos (90211), el estatus y las relaciones entre hipótesis, teorías y leyes científicas (90511), la aproximación a la metodología científica (90611) y el estatus epistemológico del conocimiento científico (91011).

Los resultados de esta dimensión presentan las insuficiencias más claras de los estudiantes, pues los índices globales medios son los más bajos y se distribuyen en torno al cero. El ítem que trata de los modelos científicos tiene el índice global más positivo de esta dimensión, aunque es bastante bajo (+0.10), y la que se ocupa del estatus y las relaciones entre hipótesis, leyes y teorías presenta el índice global más negativo (-0.10). Los índices por categorías muestran una variación aproximadamente en V invertida, algo asimétrica (bajo en las frases adecuadas, máximo en las plausibles y bajo en las ingenuas).

En resumen, esta dimensión muestra índices positivos y negativos bastante bajos, en torno a cero, más altos y positivos en la categoría de frases plausibles, y más bajos y negativos en las frases ingenuas.

Los índices globales de los diversos ítems de epistemología indican que las actitudes son diferentes según el aspecto concreto abordado en cada caso. Así, mientras que en el ítem 90211 (epistemología de los modelos científicos) la puntuación es moderadamente positiva, en la 90511 (estatus y relaciones entre hipótesis, leyes y teorías) es negativa. Los otros dos ítems 90611 (naturaleza del método científico) y 91011 (estatus del conocimiento científico) tienen índices intermedios.

Los índices por categorías también muestran los aspectos fuertes y débiles en cada cuestión, que son susceptibles de ser analizados conforme a los esquemas ya indicados. Los ítems 90211 y 91011 tienen índices en las distintas categorías con una carga negativa en las frases ingenuas, y positiva en las adecuadas y plausibles. Sin embargo, la cuestión 90611 tiene índices negativos en las categorías de frases adecuadas e ingenuas, mientras que es positivo para las frases plausibles. En suma, la metodología aplicada para evaluar la actitud global en cada dimensión CTS permite diagnosticar los aspectos fuertes y débiles, como

ya se ha mostrado en los apartados anteriores y se completará en análisis posteriores.

#### 4.6. Diagnóstico de las actitudes individuales

La cuantificación de las respuestas mediante los distintos índices actitudinales permite realizar también diagnósticos personalizados, propios de la investigación cualitativa. El diagnóstico individual puede hacerse desde dos niveles diferentes:

- Relativo, que consiste en valorar la actitud de una persona respecto a los demás miembros del grupo. La referencia general podría ser el promedio de todo el grupo (en muestras pequeñas, debería excluirse la persona que se compara para mejorar la fiabilidad).
- Absoluto, que es la actitud individual respecto al perfil determinado por la categoría asignada a las frases por los jueces, es decir, la propia puntuación actitudinal. La referencia en este caso es la puntuación de máxima adecuación de cada frase, representada por el perfil actitudinal óptimo (fijado en el valor +1 para todas las frases e ítems).

En conjunto, los valores de los índices del grupo se distribuyen en todas las frases a lo largo de todo el rango de índices actitudinales entre el máximo (+1) y el mínimo (-1), cubriendo todo el espacio topológico de puntuaciones en todas los ítems. Esta pluralidad de creencias resalta la gran diversidad de las actitudes individuales del grupo, que podría indicar cierta confusión y falta de formación en el tema evaluado (Figura 1).

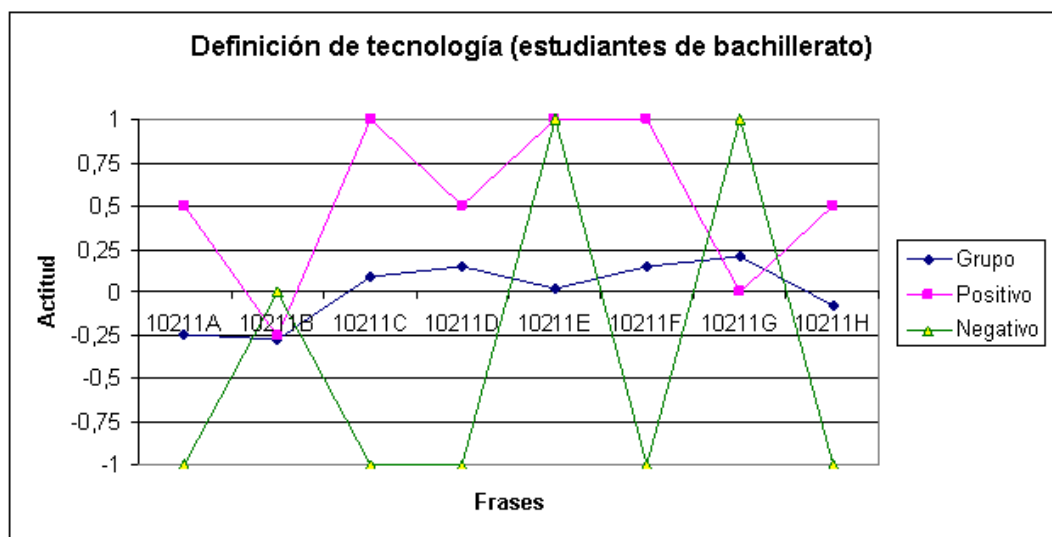


Figura 1. Comparación de los perfiles actitudinales de las frases del ítem 10211 (definición de tecnología) entre un estudiante con actitud muy positiva y otro con una actitud muy negativa (como referencia, se muestra también el promedio actitudinal del grupo)

Por ejemplo, para la cuestión que plantea la definición de tecnología (10211), la Figura 1 representa tres perfiles actitudinales correspondientes a la media total del grupo y a las respuestas de dos estudiantes que tienen puntuaciones actitudinales extremas en esta cuestión, es decir, una actitud muy buena (índice actitudinal medio más alto) y muy mala (índice actitudinal medio muy bajo). Análogamente se podría representar cualquier otro perfil actitudinal individual, que no se incluye en la figura para facilitar su comprensión.

Lógicamente, el perfil de la persona con actitud baja exhibe índices con una valoración mínima en muchas frases, aunque cabe señalar la excepción de las frases E y G, donde obtiene una valoración máxima (en la última, incluso es superior a la puntuación del otro estudiante con una buena actitud). El perfil de la persona con mejor actitud es menos homogéneo que el anterior, pues los índices de las distintas frases toman valores muy diferentes, aunque ninguno llega al valor mínimo.

Estos dos ejemplos de evaluación individual muestran, a la vez, la complejidad y riqueza de las actitudes relacionadas con los temas CTS, pues una misma persona puede obtener puntuaciones opuestas en las frases. Al mismo tiempo, la Figura 1 pone en evidencia otra vez el problema metodológico del valor equívoco que puede tener la evaluación actitudinal basada en una única frase. Si el estudiante con una actitud negativa fuera evaluado sólo por su respuesta a la frase E (o G) obtendría una actitud máxima, y viceversa, si el estudiante con mejor actitud fuera evaluado sólo por su respuesta a la frase B obtendría una actitud negativa.

## V. Discusión y conclusiones

En trabajos anteriores se han discutido las semejanzas y diferencias entre los términos actitud, creencia y opinión, todos ellos próximos entre sí, para referirse a las ideas de los estudiantes sobre CTS (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2004; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005, 2006). El concepto más ajustado para englobar todas las propiedades observadas y descritas para las opiniones CTS del alumnado es el de *actitud*, que incluye a la vez conocimientos, afectos y conductas. No obstante, cabe resaltar también que las creencias serían las unidades de construcción de las actitudes (Eagly y Chaiken, 1993), lo que resulta coherente con la decisión adoptada de hacer operativa la actitud hacia un tema CTS, mediante el índice de actitud normalizado que se obtiene con el modelo de respuesta múltiple (MRM) aplicado. El perfil global del conjunto de creencias relacionadas con un tema, representado por el índice de actitud normalizado, sería la resultante de las valoraciones individuales de cada una de las frases correspondientes a cada ítem, que serían las creencias concretas relativas a ese tema.

Los asuntos CTS son complejos, dialécticos y carecen de referencias absolutas, de modo que se ajustan más al aprendizaje de actitudes y valores que al aprendizaje de conocimientos o procedimientos de la ciencia; por ello, se utiliza el concepto de actitud como el mejor de todos. Una consecuencia metodológica de esta decisión es el énfasis que hay que poner en la correcta definición de una actitud determinada, lo que requiere precisar con exactitud el objeto concreto de dicha actitud. La estructura general del COCTS y el formato de opción múltiple de las preguntas empleadas contribuyen a este fin y explican también claramente la composición de los temas más complejos. El objeto de actitud evaluado en cada ítem es el tema, y las frases expresan un abanico de creencias singulares sobre éste.

La aplicación del COCTS y la nueva metodología MRM utilizada permiten un análisis muy pormenorizado, cuantitativo y cualitativo, de las creencias del alumnado respecto a los temas CTS, así como un diagnóstico de los aspectos más fuertes y débiles, como los que han sido sintetizados en este estudio.

Como reflexión general, cabe destacar que las diferencias entre las puntuaciones obtenidas se hacen menores a medida que se pasa de índices de actitud más concretos (p.e., el índice de una frase) a índices cada vez más globales, como el índice de una categoría (conjunto de frases), el índice de un ítem (conjunto de tres categorías) o el índice de un grupo de ítems (una dimensión o una subdimensión). Tal vez, la razón de esto reside en el conocido efecto estadístico de la *ley de los grandes números* aplicada a los parámetros centralizadores, de modo que la media siempre tiende a suavizar las diferencias más extremas a medida que aumenta la generalidad de la medida y el número de casos incluidos. Como es típico de las medidas centralizadoras, cuanto más individuos e ítems abarcan más capacidad tienen para aproximarse a la medida del conjunto y menos potencia específica para una descripción concreta.

La metodología utilizada en este estudio para la investigación de las actitudes CTS permite poner en evidencia que en el pensamiento del alumnado están presentes algunos de los mitos sobre la naturaleza de la ciencia señalados por McComas (1996, 1998). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los ítems aplicados en este estudio fueron seleccionados para cubrir un amplio conjunto de temas CTS y no para identificar esos mitos en particular. A pesar de ello, se puede observar cómo muchos de ellos aparecen en las actitudes más ingenuas del alumnado.

En los resultados obtenidos, el mito de la ciencia como empeño individual se relaciona con el rechazo de que la motivación de los científicos es “ganar reconocimiento, ya que de lo contrario su trabajo no se aceptaría” (6011A).

La fábula de las leyes como hipótesis maduras (las hipótesis se convierten en teorías, las cuales a su vez llegan a ser leyes) se manifiesta cuando se considera que:

Una hipótesis se comprueba con experimentos, si se prueba que es correcta llega a ser una teoría y, 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 (90511A).

La creencia de que existe un método científico general y universal se expresa en la falta de reconocimiento de que: “no existe verdaderamente una cosa llamada método científico”.

La justificación del conocimiento científico por la acumulación cuidadosa de pruebas se identifica en la adhesión a la frase: “la demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico” (20821A).

La idea que la ciencia es más procesual que creativa se observa en la creencia de que “cualquier buen científico hará el mismo descubrimiento que otro buen científico” (60511A).

El mito del empirismo como el principal camino hacia el conocimiento científico se hace evidente en la creencia ingenua que sostiene que “...la opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica” (70211A).

Así pues, algunos aspectos débiles de las creencias del alumnado poseen una coincidencia significativa con los mitos sugeridos por McComas (1996, 1998), semejanza que podría ser aún mayor si se tiene en cuenta que esos mitos se centran en la epistemología de la ciencia, mientras que los aspectos más sociológicos de la ciencia y la tecnología no aparecen representados. Tampoco se reflejan otras actitudes CTS inadecuadas, como las relacionadas con la dimensión social de la ciencia y la tecnología, algunas de las cuales se han identificado en este estudio (Tabla VI); por ejemplo:

- 1) La investigación continúa a pesar de los grupos religiosos o culturales, independientemente de las opiniones culturales o éticas.
- 2) Los científicos se preocupan de los posibles efectos perjudiciales de sus descubrimientos y los comprueban.
- 3) Los científicos toman mejores decisiones tecnocientíficas, porque tienen formación, datos y conocimiento.
- 4) La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de sus beneficios para la sociedad.

Los resultados obtenidos permiten comprobar que el pensamiento de los estudiantes puede ser contradictorio e incoherente, situación nada extraña en los estudios de evaluación de actitudes. El análisis de las distintas dimensiones muestra hasta qué punto diversos temas de una misma dimensión conducen a valoraciones muy diferentes e incluso, dentro del mismo ítem, las distintas frases también presentan índices muy variados. Quizás podría pensarse que si una persona tiene una actitud adecuada o ingenua respecto a un ítem, esta actitud permanecerá más o menos homogénea en todas las frases que la integran. Por el contrario, los resultados muestran una gran dispersión, lo que revela incoherencia en las actitudes de los estudiantes, sin que con ello parezca surgir conflicto

personal alguno. En consecuencia, se considera necesario educar las actitudes CTS abordándolas de manera explícita y reflexiva en el currículo de ciencias.

Este estudio muestra la complejidad de la conformación de las actitudes y proporciona pruebas adicionales sobre las precauciones metodológicas que deberían tomarse para una evaluación actitudinal más válida y fiable (Munby, 1997; Gardner, 1996; Ramsden, 1998). El riesgo de la falta de validez asociada inherentemente a las medidas que evalúan actitudes es grande cuando se pretende inferir una actitud hacia un objeto más general o amplio con unas pocas frases (a veces con una frase solamente). En efecto, si la contribución a la definición de las actitudes de los participantes puede verse sesgada según el contenido de la frase, es obvio que la validez de las medidas actitudinales basadas en las respuestas a un conjunto de frases depende de la representatividad de las frases aplicadas, ya sea en un cuestionario tradicional del tipo Likert o en una entrevista. En consecuencia, una única frase puede sesgar la medida obtenida, de modo que debería evitarse emplear un único ítem para valorar una actitud.

La discrepancia observada entre las valoraciones de las frases de un mismo ítem (o de los diferentes temas específicos de una misma dimensión) prueba claramente la escasa validez de los métodos de evaluación basados en utilizar frases aisladas para evaluar actitudes, así como la necesidad de disponer de métodos válidos, aunque necesariamente complejos, para obtener una valoración más fiable y resultados más sólidos.

El método propuesto en este estudio, que evalúa actitudes correspondientes a temas CTS específicos a partir de los indicadores de un conjunto de diversas frases relativas a un tema, cumple las mismas funciones que las réplicas realizadas en una entrevista para ir aclarando progresivamente el pensamiento de la persona participante, pero lo hace de una manera más estructurada y planificada.

### **5.1. Implicaciones educativas**

El diagnóstico individual de las actitudes CTS tiene importantes implicaciones educativas en la enseñanza de las ciencias. Un diagnóstico de este tipo facilita la planificación de actuaciones didácticas de formación, orientadas a la mejora o al cambio de actitudes CTS, y a adaptaciones personalizadas. Esta posibilidad resulta especialmente valiosa si se combina con la pluralidad y diversidad de las creencias observadas en el alumnado.

Las grandes diferencias que hay entre las actitudes CTS de un conjunto relativamente reducido de estudiantes participantes sugieren que la acción formativa más adecuada sería más eficaz si fuera más personalizada, esto es, adaptada a la diversidad de necesidades específicas de cada persona. En este sentido, la detección de los aspectos fuertes y débiles es clave, puesto que la intervención educativa debería apoyarse en los más fuertes y estar dirigida a mejorar los más débiles.

La precisión del diagnóstico individual combinada con la pluralidad de actitudes obtenidas proporciona un recurso muy útil para la intervención educativa dirigida al cambio de actitudes. La investigación sobre el cambio de actitudes ha mostrado que uno de los factores más poderosos para conseguirlo es la influencia del grupo de iguales. Una posibilidad sería organizar grupos de trabajo y discusión entre los estudiantes, es decir, constituir comunidades de aprendizaje lideradas por quienes tienen a la vez actitudes adecuadas y la condición de ser iguales a quienes aprenden. La evaluación diagnóstica individual permite identificar a los estudiantes con actitudes más adecuadas en cada frase, ítem o dimensión. Y ellos podrían liderar el aprendizaje de los demás en los aspectos que dominen mejor.

Finalmente, para complementar la actividad didáctica y lograr el cambio actitudinal deseado, también podrían contribuir: lecturas apropiadas y convenientemente seleccionadas para la toma de conciencia sobre las inconsistencias lógicas entre las ideas más adecuadas y menos apropiadas, el tratamiento del conflicto entre ideas contrarias mediante la discusión grupal, y explicaciones dirigidas a abordar cada uno de los aspectos más débiles.

La intervención educativa podría realizarse usando diversas metodologías e instrumentos propios de la didáctica general. La reflexión explícita y personal debería ser, en todo caso, un instrumento básico para lograr el cambio actitudinal, con independencia del método didáctico utilizado.

## Referencias

Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 665-701.

Acevedo, J. A. (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. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. Consultado el 12 de enero de 2006 en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>

Acevedo, J. A. (2001). *Una breve revisión de las creencias CTS de los estudiantes*. Consultado el 12 de enero de 2006 en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI en: <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 el 12 de enero de 2006 en: <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>

Acevedo, J. A., Acevedo, P., Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación* [Versión electrónica]. Consultado el 21 de enero de 2006 en: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>

Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2002). Nuevos retos educativos: Hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Revista Pensamiento Educativo*, 30, 15-34.

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 e 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, España: Educación Editora. Consultado el 9 de enero de 2006 en: <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/>

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 el 21 de enero de 2006 en Sala de Lecturas CTS + I de la OEI en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo14.htm>

Acevedo, J. A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Consultado el 12 de enero de 2006 en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2002). 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 el 2 de febrero de 2006 en: <http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/varios1.htm>

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. (1994a). What is STS science teaching? En J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 47-59). Nueva York: Teachers College Press. Consultado el 1 de febrero de 2006 en: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/sts05.htm>

Aikenhead, G. S. (1994b). 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). Nueva York: Teachers College Press. Consultado el 1 de febrero de 2006 en: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/sts05.htm>

Aikenhead, G. S. (2003). STS education: A rose by any other name. En R. Cross (Ed.), *A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, (pp. 59-75). Nueva York: Routledge Falmer. Consultado el 1 de febrero de 2006 en: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>.

Aikenhead, G. S. (2004). The Humanistic and Cultural Aspects of Science y Technology Education. En R. M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Eds.), *Science and technology education for a diverse world. Dilemmas, needs and partnerships, International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) 11th Symposium Proceedings* (pp. 21-22). Lublin, Polonia: Maria Curie-Sklodowska University Press.

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: University of Saskatchewan, Department of Curriculum Studies.

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 Désautels, J. (1989). *Monitoring students' views on science-technology-society topics*. Trabajo presentado en Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.

Aikenhead, G. S., Ryan, A. G. y Fleming, R. W. (1989). *Views on science-technology-society* (form CDN.mc.5). Saskatoon, Canada: University of Saskatchewan, Department of Curriculum Studies. Consultado el 10 de enero de 2006 en: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts.pdf>

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.

Eagly, A. H. y Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers.

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.

González-García, M. I., López-Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.

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.

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. y O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74 (2), 225-239.

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 el 12 de enero de 2006 en: <http://www.ets.org/testcoll/>

Manassero, M. A., Vázquez, A., y Acevedo, J. A. (2003b, 19-23 de agosto). *Views on science-technology-society questionnaire: Categories and applications*. Trabajo presentado en 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Research and the Quality of Science Education. Noordwijkerhout, Países Bajos. Consultado el 4 de enero de 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.

Martín-Díaz, M. J., Gutiérrez-Julián, M. S. y Gómez-Crespo, M. A. (2005, 7-10 de septiembre). *Alfabetización científica. ¿Para qué y para quienes? ¿Cómo lograrla?* Trabajo presentado en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: Educación científica para la ciudadanía, Granada.

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, Países Bajos: Kluwer Academic.

Munby, H. (1997). Issues of validity in science attitude measurement. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (4), 337-341.

Ramsden, J. M. (1998). Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science. Internacional. *Journal of Science Education*, 20 (2), 125-137.

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.

Shrigley, R. L. y Koballa Jr., T. R. (1992). A decade of attitude research based on Hovland's learning model. *Science Education*, 76 (1), 17-42.

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 el 12 de enero de 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.

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). Nueva York: Teachers College Press.

Vázquez, A. (1999, mayo). Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Boletín del Colegio de Doctores y Licenciados de Baleares*, 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. Consultado el 12 de enero de 2006 en Sala de Lecturas CTS + I de la OEI: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2). Consultado el 22 de enero de 2006 en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

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 el 14 de enero 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., 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.

Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo: *Actitudes del alumnado...*

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.