

## **Actitudes y creencias sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes**

**Ángel Vázquez Alonso<sup>1</sup>, Maria-Antonia Manassero Mas<sup>1</sup> y Marisa de Talavera<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de las Islas Baleares. Emails: [angel.vazquez@uib.es](mailto:angel.vazquez@uib.es), [ma.manassero@uib.es](mailto:ma.manassero@uib.es). <sup>2</sup>SENACYT. Email: [mtalavera@senacyt.gob.pa](mailto:mtalavera@senacyt.gob.pa)

**Resumen:** Se presenta el pensamiento sobre naturaleza de ciencia y tecnología y sus relaciones con la sociedad de una muestra representativa de los jóvenes estudiantes, matriculados en especialidades científicas y humanidades. Los participantes completaron 15 cuestiones del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad cuyas respuestas se analizan mediante el modelo de respuesta múltiple que generan los índices actitudinales que son la base de los análisis cuantitativos y cualitativos. Los resultados globales muestran actitudes neutras y el análisis detallado por cuestiones, categorías y frases permite identificar la diversidad de creencias positivas y negativas que configuran las creencias previas de los estudiantes acerca de esas cuestiones. Se discuten las implicaciones de estos resultados para la enseñanza y el aprendizaje de los temas de naturaleza de la ciencia y tecnología.

**Palabras clave:** naturaleza de la ciencia, ciencia-tecnología-sociedad, evaluación de concepciones previas, actitudes de los estudiantes.

**Title:** Attitudes and beliefs about the nature of science and technology from a representative sample of young students.

**Abstract:** The young students' thinking about the nature of science and technology and its relationships with society is studied across a representative sample encompassing scientific and humanities specialties. The participants completed 15 questions of the Questionnaire of Opinions on Science, Technology and Society whose answers are analyzed by means of the multiple answer model, which generates the attitudinal indexes, the baseline for the quantitative and qualitative analysis. The global results show neutral attitudes, and the detailed analysis across questions, categories and sentences identifies the students' positive and negative beliefs. The implications of these results for the teaching and learning of the nature of the science and technology issues are discussed.

**Keywords:** nature of science, science-technology-society, evaluation of preconceptions, students' attitudes.

### **Introducción**

La naturaleza de la ciencia es un conjunto de meta-conocimientos acerca de qué es y cómo funciona la ciencia en el mundo actual, que se han desarrollado desde múltiples áreas de reflexión, especialmente desde la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia. El asunto central del lema naturaleza de la ciencia es la construcción del conocimiento científico, que

incluye cuestiones epistemológicas (principios filosóficos que fundamentan su validación) y cuestiones acerca de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Los expertos en didáctica de la ciencia consideran la inclusión del ámbito naturaleza de la ciencia en la educación un objetivo importante, por ser un componente básico de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas (Millar y Osborne, 1998) e innovador, por su novedad y dificultad (McComas y Olson, 1998).

En este sentido, el lema naturaleza de la ciencia se reconoce también como heredero de y convergente con las propuestas para la educación en ciencia y tecnología (en adelante CyT) del movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (en adelante CTS) para la enseñanza de las ciencias desarrollada desde hace varios lustros: mejorar la comprensión pública de CyT en el mundo actual, que engloba entender los impactos y las soluciones de CyT (sociales, medio-ambientales, económicos, culturales, etc.), algo de los temas más especializados de epistemología, y las relaciones entre la ciencia y la tecnología (NSTA, 2000; Spector, Strong y Laporta, 1998). En el mundo real actual CyT se integran en un nuevo ente, que muchos autores reconocen como tecnociencia, y que se traslada también a la validación y construcción del conocimiento, pues este se apoya en el funcionamiento y operación de las tecnologías científicas (instrumentación) y las relaciones de ambas con la sociedad; esto justifica que, por analogía, se extienda también al ámbito educativo la denominación integrada de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), que se usará en adelante.

La presencia de NdCyT en el currículo educativo se justifica por múltiples razones (cognitivas, de comprensión, utilitarias, democráticas, culturales, axiológicas), pero, sin duda, la razón más global es la finalidad de lograr una educación en CyT de calidad, que promueve la alfabetización en CyT para todos y que desarrolla valores y actitudes importantes para la comprensión pública en un mundo cada vez más impregnado de CyT (Acevedo et al., 2005). Las reformas emprendidas por algunos países en la última década del siglo XX han operativizado estas finalidades educativas acerca de NdCyT en los currículos escolares (AAAS, 1993; Department for Education and Employment, 1999; NRC, 1996; NSTA, 2000), que se han extendido a muchos países en los últimos años.

La investigación empírica en didáctica de las ciencias muestra de modo reiterado y consistente que la educación sobre NdCyT se enfrenta a un obstáculo persistente: los estudiantes (y también los profesores) no tienen una comprensión adecuada sobre NdCyT. Desde la década de los 70s las evidencias acerca de la falta de comprensión de las teorías, hipótesis, leyes y metodologías científicas son ya evidentes (Mackay, 1971; Rubba, 1976; Rubba y Andersen, 1978; Wood, 1972).

Estos resultados negativos han sido confirmados con estudiantes de diversos países y edades (Lederman, 1992), a pesar, incluso, de los defectos de los instrumentos y las metodologías (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001) y de los matices y las diferencias hallados entre los estudiantes. Aikenhead (1987) y Fleming (1987) resaltan la dificultad de los estudiantes para distinguir entre ciencia y tecnología y las relaciones CTS, otros detectan dificultades más epistemológicas acerca del papel de la metodología, las teorías e hipótesis, los modelos, la creatividad y la

provisionalidad en la validación del conocimiento científico (Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Bell, Blair, Crawford y Lederman, 2003; Ben-Chaim y Zoller, 1991; Kang, Scharmann y Noh, 2005; Lederman y O'Malley, 1990; Manassero y Vázquez, 1998a, 1998b, 2002; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Moss, Abrams, y Robb, 2001; Ryan, 1987; Ryan y Aikenhead, 1992; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006; Zoller, Donn, Wild y Beckett, 1991).

Un inconveniente perenne en torno a la NdCyT es la naturaleza compleja, interdisciplinar, provisional y cambiante de los temas y cuestiones de NdCyT. Esta complejidad proyecta, incluso, una imagen de controversia y ausencia de consenso entre los propios especialistas (filósofos, historiadores, sociólogos y educadores de ciencias), de modo que coexisten conjeturas razonables junto a claras discrepancias (Alters, 1997; Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001).

Como es obvio, el disenso de los expertos es un serio inconveniente para tomar las decisiones curriculares y didácticas sobre la enseñanza y el aprendizaje de NdCyT, especialmente para seleccionar los contenidos de enseñanza. A pesar de ello, algunos estudios sugieren ya ciertos acuerdos, que podrían servir de base para construir un currículo escolar de ciencias consensuado, capaz de proporcionar una visión más adecuada de la ciencia y la tecnología actuales y evitando los problemas de la complejidad y de la controversia (Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Eflin et al., 1999; McComas y Olson, 1998; Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004, 2005; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2004).

La mayoría de los diagnósticos de los estudiantes se han realizado en contextos anglo-sajones y con muestras de investigación limitadas. Este estudio analiza el pensamiento sobre NdCyT en una muestra grande y representativa de los jóvenes estudiantes de un país que están acabando (grado 12) o han acabado ya el bachillerato (empiezan la universidad), incluyendo especialidades científicas y no científicas. Se aplican un conjunto de cuestiones del Cuestionario de Opiniones sobre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (COCTS) con una nueva metodología cuantitativa para describir e identificar las creencias de los estudiantes que ilustra la capacidad del instrumento para el análisis cualitativo y cuantitativo.

## **Metodología**

### *Muestra*

Los participantes en esta investigación son 787 jóvenes estudiantes, que representan con un nivel de confianza de 95.5% y un error estadístico aproximado  $\pm 4\%$  a una población aproximada de 17000 estudiantes, que están acabando o justo han acabado los estudios previos a su entrada en la universidad. La edad de la muestra se extiende entre 17 y 23 años con un promedio aproximado de 19 años; 54% son hombres y 46% mujeres, y 52% son estudiantes de una especialidad de ciencias y 48% de humanidades. Los participantes respondieron las cuestiones, invitados por sus profesores, entrando en una aplicación informática que administra las cuestiones y codifica las respuestas, de modo que es una muestra obtenida totalmente al azar.

### *Instrumento*

Los cuestionarios Views on Science, Technology and Society –VOSTS– (Aikenhead y Ryan, 1992; Aikenhead, Ryan y Fleming, 1989) y Teacher's Belief about Science-Technology-Society –TBA-STs– (Rubba y Harkness, 1993; Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996) fueron desarrollados empíricamente, a partir de entrevistas, encuestas y respuestas abiertas dadas por estudiantes y profesores que se han sintetizado en las frases que forman las cuestiones (Aikenhead y Ryan, 1992; Rubba y Harkness, 1993). Estos instrumentos se han adaptado al contexto cultural español, construyéndose así el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad –COCTS– un banco de 100 cuestiones CTS que ha sido construido y mejorado a lo largo de varias etapas (Manassero y Vázquez, 1998a, b; Manassero et al., 2001, 2003a; Vázquez y Manassero, 1999). Lederman, Wade y Bell (1998) consideran al VOSTS un instrumento válido y fiable para la investigación de las razones de los estudiantes para probar sus posiciones acerca de NdCyT (p. 610).

Todas las cuestiones del COCTS tienen el mismo formato de elección múltiple, que se inicia con una cabecera que plantea un problema CTS respecto al cual se desea conocer la actitud de una persona. Le sigue una lista de frases, que ofrecen un abanico de diferentes respuestas razonadas sobre el tema planteado y se identifican con una letra, que indica el lugar relativo de la frase dentro de cada cuestión, en orden alfabético (A, B, C,...). Cada cuestión se identifica por un número de cinco cifras, que expresa las distintas dimensiones, temas y sub-temas, y sus frases se identifican con este número seguido de la letra correspondiente (ver ejemplos en el apéndice).

Las 15 cuestiones aplicadas en este estudio, que contienen 99 frases opcionales distribuidas en 43 categorías (adecuadas, plausibles e ingenuas), pertenecen a las siguientes dimensiones del COCTS:

- a) Definición de ciencia y tecnología (10111, 10411)
- b) Epistemología (90211, 90411, 90621)
- c) Interacciones ciencia – tecnología – sociedad
  - a. Interacción CTS (30111)
  - b. Sociología externa de la ciencia
    - i. Influencia de sociedad en CyT (20141, C20411)
    - ii. Influencia de CyT en sociedad (40161, 40221, 40531)
  - c. Sociología interna de la ciencia (60111, 60611, 70231, 80131).

### *Procedimiento*

Una serie de investigaciones con el COCTS han permitido desarrollar una nueva metodología de respuesta múltiple para evaluar las actitudes y creencias cuyos hitos fundamentales son:

- a) La construcción empírica y adaptación del COCTS y su aplicación con un modelo de respuesta única –MRU– (Manassero y Vázquez, 1998a, b).

b) El escalamiento de las frases en cada una de las cuestiones del COCTS en tres categorías (Adecuada, Plausible e Ingenua) por un panel de jueces expertos (Manassero et al., 2001).

c) Un nuevo modelo de respuesta múltiple (MRM), más complejo, válido y eficaz que evita elecciones forzadas (Vázquez y Manassero, 1999), basado en el escalamiento de frases y una métrica que produce índices actitudinales normalizados e invariantes (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Manassero et al., 2003b).

Los encuestados responden al problema planteado en cada cuestión según un modelo de respuesta múltiple: valoran su grado de acuerdo o desacuerdo con cada una de las frases que contiene la cuestión sobre una escala de nueve puntos (1/9, desacuerdo/acuerdo), y dos razones para no valorar ("No entiendo la cuestión", "No sé lo suficiente sobre el tema"). El formato de opción múltiple permite a los participantes expresar sus propios puntos de vista sobre todas las frases de cada cuestión, muchas de las cuales tal vez no aparecerían en una respuesta abierta y libre; de esta manera, la actitud conformada por la valoración de las diferentes posibilidades contempladas en las frases es más rica, precisa y completa.

Las valoraciones directas se transforman después en un índice actitudinal, normalizado en el intervalo  $[-1, +1]$ , mediante la métrica, que opera teniendo en cuenta la categoría de cada frase (Adecuada, Plausible e Ingenua), asignada previamente por un panel de jueces expertos. Los índices actitudinales son los indicadores cuantitativos de las creencias y actitudes de los encuestados y miden el grado de sintonía de la puntuación directa, otorgada por los encuestados, con el patrón categorial asignado por los jueces a las frases del COCTS; cuanto más positivo y cercano al valor máximo (+1) es un índice, la actitud se considera más adecuada e informada, y cuanto más negativo y cercano a la unidad negativa (-1) es el índice, representa una actitud más ingenua o desinformada (Acevedo et al., 2001; Manassero et al., 2001). Aunque la metodología empleada es cuantitativa, también permite y fundamenta interesantes análisis cualitativos.

Los índices básicos de cada frase se transforman en índices de las tres categorías (adecuadas, plausibles e ingenuas) promediando el valor del índice de las frases que pertenecen a cada una de las tres categorías existentes en cada cuestión. A su vez, el promedio de los índices de las tres categorías de cada cuestión produce un índice global de cada cuestión, que es el indicador de la actitud global hacia el tema planteado en cada cuestión.

Esta metodología basada en la respuesta múltiple en cada cuestión evita las dificultades metodológicas de los instrumentos de evaluación, aporta una evaluación cuantitativa válida y fiable y una fundamentación más sólida de las medidas que permite contrastes estadísticos de hipótesis y la discusión de resultados cualitativos. El criterio general para delimitar las frases con las actitudes más positivas o negativas, y determinar las diferencias más relevantes entre grupos, se basa en aplicar una puntuación de corte (0.25 unidades) a las puntuaciones medias y al tamaño del efecto de las diferencias; por debajo de este umbral las puntuaciones o las

diferencias se consideran irrelevantes, aunque podrían tener interés para otros propósitos diagnósticos como la evaluación personal.

## Resultados

Como referencia general de la muestra, el promedio global de los promedios de los índices de cada una de las frases para todos los encuestados ( $m = -.004$ ;  $DE = .573$ ) es un valor prácticamente nulo, que se interpreta como una actitud neutra para la muestra total. Las creencias positivas se compensan con las negativas para arrojar este valor promedio global neutral para toda la muestra. En los párrafos siguientes se irán pormenorizando los detalles que aparecen al analizar sucesivamente los resultados obtenidos para las cuestiones, las categorías y las frases concretas.

Los indicadores más globales de las posiciones de los estudiantes sobre los temas de NdCyT planteados en las 15 cuestiones sometidos a su consideración son los índices de cada cuestión, obtenidos como promedios ponderados de los índices de las tres categorías de cada cuestión (tabla 1). Los índices de cuestión son muy modestos, pues todos están muy próximos al valor cero (neutral) y la gran media es casi nula y ligeramente negativa (-0.011).

<b>Cuestiones</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>D. E.</b>
F1_10111 Ciencia	783	0,069	0,220
F1_10411 Interdependencia	777	0,123	0,303
F1_20141 Gobierno política un país	771	0,059	0,235
F1_20411 Ética	763	-0,236	0,342
F1_30111 Interacción CTS	756	0,152	0,283
F1_40161 Responsabilidad social contaminación	759	0,215	0,270
F1_40221 Decisiones morales	756	0,067	0,247
F1_40531 Bienestar mejor nivel de vida	755	-0,331	0,388
F1_60111 Motivaciones	750	-0,068	0,226
F1_60611 Infrarrepresentación de las mujeres	745	-0,004	0,273
F1_70231 Decisiones por consenso	745	0,025	0,275
F1_80131 Ventajas para la sociedad	743	-0,103	0,248
F1_90211 Modelos científicos	734	-0,023	0,287
F1_90411 Provisionalidad	731	-0,014	0,262
F1_90621 Método científico	731	-0,103	0,243

Tabla 1.- Estadísticos descriptivos básicos de los índices ponderados en cada una de las 15 cuestiones.

Sin embargo, el análisis de las puntuaciones medias en cada una de las cuestiones permite observar ya una mayor variabilidad, lo cual permite identificar las cuestiones con los índices más positivos y más negativos. Las actitudes más positivas aparecen en los temas de la responsabilidad social ante la contaminación ambiental, la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad y la interdependencia entre ciencia y tecnología. Las cuestiones con los índices más negativos son: la influencia de la cultura ética o religiosa en la ciencia y el rol de la ciencia en el bienestar y nivel de vida. Los valores de los índices (tabla 1) permiten observar que incluso estas

cuestiones con valores más extremos, positivos o negativos, apenas superan el valor umbral establecido como indicador de relevancia.

<b>Categorías</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>D. E.</b>
Índice Adecuadas Responsabilidad social Contaminación F1_40161AD	759	0,732	0,377
Índice Adecuadas Decisiones morales F1_40221AD	751	0,647	0,447
Índice Adecuadas Interdependencia F1_10411AD	774	0,574	0,375
Índice Adecuadas Decisiones por consenso F1_70231AD	724	0,542	0,430
Índice Adecuadas método científico F1_90621AD	721	0,514	0,467
Índice Adecuadas Provisionalidad F1_90411AD	717	0,506	0,438
Índice Adecuadas ventajas para la sociedad F1_80131AD	741	0,484	0,365
Índice Adecuadas Ciencia F1_10111AD	782	0,457	0,375
Índice Adecuadas Bienestar mejor nivel de vida F1_40531AD	753	0,428	0,487
Índice Ingenuas Responsabilidad social Contaminación F1_40161IN	752	0,419	0,670
Índice Adecuadas Motivaciones F1_60111AD	746	0,406	0,445
Índice Adecuadas Gobierno política un país F1_20141AD	766	0,397	0,405
Índice Adecuadas Interacción CTS F1_30111AD	748	0,368	0,441
Índice Adecuadas Infrarrepresentación de las mujeres F1_60611AD	740	0,345	0,434
Índice Ingenuas Infrarrepresentación de las mujeres F1_60611IN	744	0,273	0,576
Índice Ingenuas Modelos científicos F1_90211IN	729	-0,265	0,399
Índice Plausibles Bienestar mejor nivel de vida F1_40531PL	755	-0,267	0,486
Índice Ingenuas Decisiones por consenso F1_70231IN	745	-0,334	0,402
Índice Ingenuas Motivaciones F1_60111IN	749	-0,361	0,346
Índice Ingenuas Provisionalidad F1_90411IN	726	-0,392	0,416
Índice Ingenuas Ética F1_20411IN	751	-0,406	0,492
Índice Ingenuas Bienestar mejor nivel de vida F1_40531IN	753	-0,459	0,431
Índice Plausibles Responsabilidad social Contaminación F1_40161PL	758	-0,507	0,502
Índice Ingenuas método científico F1_90621IN	727	-0,587	0,359
Índice Ingenuas ventajas para la sociedad F1_80131IN	733	-0,598	0,449
Índice Plausibles Infrarrepresentación de las mujeres F1_60611PL	735	-0,639	0,578

Tabla 2.- Estadísticos descriptivos básicos de los índices de las categorías con las puntuaciones medias más altas y más bajas.

Los índices de cada una de las tres categorías (adecuadas, plausibles e ingenuas) en cada cuestión se obtienen como promedio de los índices de las frases que forman cada categoría. Estos índices, al referirse a menor número de frases, reflejan una mayor variabilidad que los índices de las cuestiones globales (donde se engloban aproximadamente siete frases), exhibiendo unos valores más altos, tanto positivos como negativos (tabla 2). Sin embargo, la gran media de todos los índices de categorías sigue siendo casi nula (0.002), de modo que este indicador también continúa situando la actitud global de los estudiantes, medida a través de los índices de las categorías, en una posición neutral, ni positiva ni negativa.

Las categorías con los índices más positivos son la práctica totalidad de las categorías adecuadas de cada cuestión. Incluso, la única categoría adecuada no incluida en la tabla por no superar el valor umbral de corte, tiene también un valor relativamente alto y positivo (F190211AD,  $m = 0.231$ ). Como consecuencia, y por exclusión, las categorías ingenuas, mayoritariamente, y también en menor medida, las categorías plausibles obtienen los valores más negativos de todo el conjunto (tabla 2).

Los valores más altos de índices en las categorías adecuadas se obtienen en los temas de responsabilidad social por la contaminación y la influencia de ciencia y tecnología en la toma de decisiones morales. Los valores de índices más negativos en las categorías se obtienen en los temas de método científico, las ventajas de CyT para la sociedad (ingenuas) e infrarrepresentación de las mujeres (plausible). El examen detenido de la tabla 2 permite también analizar otros detalles de los índices de las categorías más positivas y negativas.

Los índices actitudinales de las frases singulares del cuestionario expresan las creencias directas de los estudiantes sobre la afirmación específica desarrollada en cada frase. La especificidad del contenido de cada frase hace que estos índices exhiban mayores variaciones en sus puntuaciones que las categorías y las cuestiones completas. Por otro lado, el gran número de frases analizadas (98) también contribuye a que haya mayor número de frases con índices que superan el valor umbral de corte, y por ello se presentan separadamente las frases con las puntuaciones máximas (positivas) y mínimas (negativas).

Los índices actitudinales de las frases singulares del cuestionario que tienen las puntuaciones más altas y positivas por encima del punto de corte son muchas (34, 33% del total del cuestionario). La mayoría de las frases con índices muy positivos pertenecen a la categoría de frases adecuadas, aunque también hay algunas frases ingenuas (6); en este grupo de índices muy positivos, también es destacable la ausencia de frases de la categoría plausible (tabla 3).

Las frases con índices muy positivos exhiben además diversos rasgos colectivos que son destacables e interesantes por diversos motivos. En primer lugar, se observa que casi la mitad de las frases con índices muy positivos pertenecen a solo tres cuestiones (20141, 40161, 60611), cada una de las cuales tiene cuatro o más frases en este grupo con los índices más positivos. La primera cuestión se refiere a la influencia sobre CyT del gobierno y la política un país, la segunda (40161) a la responsabilidad social por la contaminación, y la tercera (60611) a la infrarrepresentación de las mujeres en el sistema de CyT.

En segundo lugar, la práctica totalidad de las cuestiones aplicadas en el cuestionario completo presentan alguna de sus frases situada entre el grupo de frases más positivas, es decir, que en todos los temas planteados, hay alguna creencia de los estudiantes que resulta muy positiva; la única excepción es la cuestión 20411, referida a la influencia de las creencias éticas y religiosas de la cultura contextual sobre el conocimiento científico, que no tiene ninguna frase entre las más positivas. Educativamente, este rasgo es muy valioso: si en todos los temas existe alguna creencia de los

estudiantes que resulta valiosa, esta puede ser usada didácticamente como elemento estructurante de la re-construcción de las creencias y actitudes negativas a través del aprendizaje.

Frases	N	Media	D. E.
F1_C_40161F_A_Responsabilidad social Contaminación	754	0,762	0,453
F1_C_40161D_A_Responsabilidad social Contaminación	754	0,755	0,459
F1_C_40161C_A_Responsabilidad social Contaminación	755	0,685	0,495
F1_C_40221B_A_Decisiones morales	751	0,647	0,447
F1_C_10411B_A_Interdependencia	765	0,636	0,428
F1__10111B_A_Ciencia	777	0,577	0,460
F1__70231C_A_Decisiones por consenso	724	0,542	0,430
F1_C_40531E_A_Bienestar mejor nivel de vida	750	0,540	0,521
F1__60111H_A_Motivaciones	730	0,536	0,517
F1__80131B_A_ventajas para la sociedad	736	0,517	0,475
F1__10411C_A_Interdependencia	758	0,516	0,474
F1_C_90621C_A_método científico	721	0,514	0,467
F1_C_90411B_A_Provisionalidad	717	0,506	0,438
F1_C_60611F_A_Infrarrepresentación de las mujeres	725	0,478	0,537
F1__80131E_A_ventajas para la sociedad	731	0,476	0,460
F1__20141F_A_Gobierno política un país	745	0,471	0,523
F1_C_80131D_A_ventajas para la sociedad	722	0,468	0,509
F1__20141B_A_Gobierno política un país	739	0,446	0,534
F1__60611E_A_Infrarrepresentación de las mujeres	728	0,432	0,616
F1_C_40161A_I_Responsabilidad social Contaminación	752	0,419	0,670
F1_C_60611A_I_Infrarrepresentación de las mujeres	738	0,378	0,650
F1_C_30111F_A_Interacción CTS	737	0,376	0,549
F1__20141A_A_Gobierno política un país	723	0,371	0,550
F1_C_30111E_A_Interacción CTS	735	0,362	0,528
F1__10111H_A_Ciencia	747	0,330	0,494
F1__10111I_I_Ciencia	752	0,320	0,698
F1__40531D_A_Bienestar mejor nivel de vida	746	0,320	0,590
F1_C_60611B_I_Infrarrepresentación de las mujeres	737	0,312	0,645
F1_C_20141C_A_Gobierno política un país	720	0,311	0,510
F1_C_20141J_I_Gobierno política un país	729	0,297	0,643
F1_C_30111G_I_Interacción CTS	729	0,296	0,664
F1__60111A_A_Motivaciones	730	0,279	0,584
F1__90211F_A_Modelos científicos	711	0,275	0,520
F1__60611G_A_Infrarrepresentación de las mujeres	719	0,263	0,599

Tabla 3.- Estadísticos descriptivos básicos de los índices con las puntuaciones medias más altas en las frases opcionales (la letra entre guiones indica el carácter adecuado \_A\_, plausible \_P\_ o ingenuo \_I\_ de cada frase; las frases con \_C\_ denotan creencias consensuadas por los expertos).

En tercer lugar, otro rasgo destacable es que más de la mitad de de las frases con índices más positivos (18) corresponden a frases que tienen el consenso de los jueces (estas frases se identifican por la etiqueta \_C\_ en su nombre de las tablas), es decir, que también se pueden identificar creencias adecuadas de los estudiantes que se corresponden con ideas acerca de la NdCyT consensuadas en la comunidad científica.

El análisis cualitativo del contenido de las frases con índices más positivos revela los puntos fuertes de las creencias de los estudiantes acerca de los temas de NdCyT, es decir, las creencias de los estudiantes que coinciden con los conocimientos expertos actuales desde la historia, la sociología y la filosofía de CyT (ver ejemplos en el apéndice). Desde la perspectiva educativa, estos puntos fuertes diagnostican las creencias de los estudiantes que estarían menos necesitadas de aprendizaje o de insistencia en su refuerzo a través de la enseñanza, porque están extendidas y consolidadas en una gran parte de la población.

Las tres ideas de los estudiantes que exhiben los índices más altos se refieren a la conservación del medio ambiente por la industria pesada y su traslado a otros países; los estudiantes sostienen, adecuada y muy positivamente, que la industria pesada no debería trasladarse a los países no desarrollados por las tres razones siguientes: porque los efectos de la contaminación son globales, porque se debería reducir o eliminar más la contaminación en cualquier lugar y porque la contaminación debería ser limitada tanto como sea posible.

Los índices actitudinales de las frases singulares del cuestionario que tienen las puntuaciones más bajas y negativas, con puntuaciones por debajo del punto de corte, son aproximadamente otro tercio de las frases (33, 33% del total) y en ellas están representadas todas las cuestiones aplicadas, sin excepción (tabla 4). La mayoría de las frases con puntuaciones muy negativas pertenecen a la categoría de ingenuas, aunque también hay bastantes frases plausibles (13) con índices muy negativos. En este grupo de índices muy negativos es destacable la ausencia de frases de la categoría de adecuadas, y también la existencia de dos cuestiones (10111, 60111) que presentan bastantes frases (cuatro) en el conjunto de frases con índices más negativos. Así mismo una buena parte de estas creencias más negativas (8) corresponden a ideas consensuadas por los jueces, es decir, ideas sobre las cuales no existe controversia, pues se admiten como ideas ingenuas acerca de la CyT por los especialistas.

El análisis cualitativo del contenido de las frases con índices más negativos revela los puntos más débiles de las creencias de los estudiantes acerca de los temas de NdCyT, es decir, aquellas creencias sostenidas por los estudiantes que divergen y son ampliamente opuestas a los conocimientos expertos actuales sobre NdCyT (ver ejemplos de dos cuestiones en el apéndice).

Como muestra, las cuatro creencias de los estudiantes con los índices más bajos se refieren a cuatro temas diferentes: motivaciones de los científicos para investigar (60111), seguimiento del método científico (90621), la infrarrepresentación de las mujeres (60611) y la toma de decisiones por consenso (70231) en la comunidad científica. Las creencias concretas de estas cuestiones con el índice más negativo son, respectivamente, las siguientes:

- a) Los científicos investigan principalmente por descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad.
- b) La mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico porque asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos.

c) Los científicos se convencen mostrándoles pruebas concluyentes que apoyan la teoría.

d) No existen razones para tener más científicos que científicas porque ambos son igualmente capaces y tienen oportunidades similares.

<b>Frasas</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>D. E.</b>
F1__40221E_P_Decisiones morales	745	-0,279	0,667
F1_C_70231D_I_Decisiones por consenso	736	-0,282	0,602
F1__40531B_P_Bienestar mejor nivel de vida	750	-0,291	0,610
F1__20141E_I_Gobierno política un país	738	-0,310	0,629
F1__10111E_I_Ciencia	773	-0,335	0,567
F1_C_30111A_I_Interacción CTS	745	-0,350	0,609
F1__60111D_P_Motivaciones	742	-0,373	0,609
F1__20411F_I_Ética	735	-0,375	0,566
F1__60111E_P_Motivaciones	739	-0,378	0,613
F1__60111F_I_Motivaciones	738	-0,382	0,530
F1_C_90211B_I_Modelos científicos	716	-0,387	0,466
F1_C_90411D_I_Provisionalidad	713	-0,392	0,512
F1__90411C_I_Provisionalidad	708	-0,394	0,457
F1__10111F_P_Ciencia	779	-0,402	0,590
F1_C_90211C_I_Modelos científicos	715	-0,421	0,422
F1_C_40221C_I_Decisiones morales	739	-0,435	0,506
F1__20411G_I_Ética	744	-0,435	0,540
F1__40531C_I_Bienestar mejor nivel de vida	749	-0,455	0,484
F1__40161E_P_Responsabilidad social Contaminación	744	-0,460	0,621
F1_C_40531A_I_Bienestar mejor nivel de vida	750	-0,463	0,510
F1__20141H_I_Gobierno política un país	755	-0,516	0,529
F1__40161B_P_Responsabilidad social Contaminación	753	-0,555	0,600
F1__90621B_I_método científico	723	-0,564	0,396
F1__80131A_I_ventajas para la sociedad	733	-0,598	0,449
F1__60111G_I_Motivaciones	744	-0,601	0,440
F1_C_90621A_I_método científico	713	-0,613	0,412
F1__60611H_P_Infrarrepresentación de las mujeres	735	-0,639	0,578
F1__70231A_I_Decisiones por consenso	743	-0,662	0,446

Tabla 4.- Estadísticos descriptivos básicos de los índices con las puntuaciones medias más bajas en las frases opcionales (la letra entre guiones indica el carácter adecuado *\_A\_*, plausible *\_P\_* o ingenuo *\_I\_* de cada frase; las frases que contienen una *\_C\_* denotan creencias consensuadas por los expertos).

Tomando como referencia cada cuestión, análisis cualitativos análogos que permiten identificar los puntos fuertes y débiles acerca del tema concreto planteado en la cuestión. Por ejemplo, los resultados (apéndice) de la cuestión relativa al método científico (90621) indican que un punto fuerte de los estudiantes es la aceptación de la limitación del método científico y que originalidad y creatividad tienen un papel en la investigación. Paralelamente, los puntos débiles se refieren a la omnipotencia del método para funcionar y asegurar resultados, juntamente con la creencia en el método formado por una serie de etapas estereotipadas como se presenta en muchos libros de texto (enseñado en las clases). Desde la perspectiva educativa, estos puntos débiles informan aquellas creencias de los

estudiantes que estarían más necesitadas de insistencia en su refuerzo a través de la enseñanza y el aprendizaje, porque están muy extendidas y consolidadas en una gran parte de la población.

Otra aportación de este estudio es la identificación de algunas creencias que se corresponden con ideas consensuadas en la comunidad científica acerca de la NdCyT (positivas y negativas), es decir, ideas sobre las que los expertos no discrepan ni polemizan porque las consideran adecuadas unánimemente. Entre las creencias consensuadas muy positivas identificadas en este estudio para los estudiantes se pueden destacar las siguientes:

- a) la contaminación debería ser limitada porque sus efectos son globales,
- b) CyT ayudan a tomar decisiones morales dando información básica,
- c) CyT están relacionadas estrechamente entre sí (la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica) y con la sociedad (relación mutua y triangular),
- d) la tecnología es ambivalente,
- e) el método científico no asegura resultados,
- f) la originalidad y la creatividad son también armas de los mejores científicos,
- g) el conocimiento científico cambia (porque el conocimiento antiguo es reinterpretado a la luz de nuevos descubrimientos),
- h) la ciencia se está convirtiendo también en una vocación femenina, etc.

Las creencias consensuadas muy negativas identificadas en este estudio para los estudiantes son las siguientes:

- a) las pruebas que apoyan una teoría hablan por sí mismas y los científicos no tienen que convencer a otros,
- b) la ciencia tiene precedencia sobre la tecnología y la sociedad,
- c) los modelos científicos son copias de la realidad porque hay muchas pruebas científicas que lo demuestran,
- d) el conocimiento científico no cambia porque es acumulativo,
- e) la tecnología siempre mejora el nivel de vida,
- f) la ciencia y la tecnología pueden ayudar a tomar decisiones morales por la psicología y otros conocimientos
- g) la mayoría de los científicos siguen las etapas del método científico porque asegura resultados.

### **Discusión y conclusiones**

La investigación de las creencias sobre NdCyT mediante el instrumento y metodología usados aporta dos ventajas y cualidades importantes: primero, la validez inherente, por la construcción cualitativa y empírica del

cuestionario (Aikenhead y Ryan, 1992; Ryan y Aikenhead, 1992); segundo, el uso de un modelo de respuesta múltiple, basado en el escalamiento de las frases del cuestionario y una escala de medida estandarizada, evita las objeciones a la elección forzada de respuesta (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002). Además, la normalización de los análisis y de las puntuaciones permiten la comparación estandarizada entre diferentes estudios, grupos y personas, y la aplicación de técnicas estadísticas de verificación de hipótesis; en suma, ofrece las ventajas de una prueba escrita de respuesta cerrada (completitud, rapidez y precisión de aplicación y análisis) y algunas ventajas de las pruebas abiertas y los análisis cualitativos (Vázquez et al., 2006).

La metodología de base aplicada es cuantitativa, y desde su objetividad y sistematicidad permite identificar rasgos cualitativos, los puntos fuertes y débiles de las creencias de los estudiantes acerca de los temas de NdCyT (Lederman et al., 2002). Los puntos fuertes son las creencias sostenidas por los estudiantes que coinciden con los conocimientos expertos procedentes de la historia, la sociología y la filosofía de CyT actuales; esto significa, en el caso de una frase categorizada como adecuada, que los estudiantes afirman la creencia de la frase, lo mismo que los expertos; en el caso de las frases ingenuas, niegan la frase, lo mismo que la niegan los expertos, y en el caso de las frases plausibles afirman su carácter ambivalente. Los puntos débiles son las creencias sostenidas por los estudiantes que son opuestas a los conocimientos expertos; esta oposición con el saber experto significa, en el caso de frases categorizadas como adecuadas, que los estudiantes están en desacuerdo con la frase, negando lo que afirman los expertos; en el caso de las frases ingenuas, significa que los estudiantes están de acuerdo con la frase, afirmando lo que niegan los expertos, y en el caso de las frases plausibles se oponen a su carácter ambivalente afirmando su acuerdo o desacuerdo con ellas (ver detalle de sus contenidos en el apéndice).

La normalización de los índices ofrece precisión cuantitativa al diagnóstico, asociando los índices más positivos a puntos fuertes y los índices negativos a los puntos débiles. El análisis del contenido de las frases con los índices más positivos y más negativos profundiza cualitativamente en las creencias más fuertes y más débiles de los estudiantes. Desde la perspectiva educativa, los puntos fuertes son creencias menos necesitadas de aprendizaje, o refuerzo a través de la enseñanza, porque son creencias adecuadas, que están extendidas y consolidadas en una gran parte de la población; por el contrario, los puntos débiles son contenidos donde los estudiantes sostienen creencias inadecuadas o desinformadas, y por tanto, la enseñanza de la NdCyT debería afrontarlas prioritariamente para lograr aprendizajes significativos. Muchas coinciden con fortalezas y debilidades relatadas en la literatura previa (Lederman et al., 2002; Lederman, 1992).

La muestra empleada en este estudio es una muestra grande y representativa de un país, rasgo que permite superar las limitaciones de las muestras pequeñas y opináticas habituales en los estudios de investigación. Con esta aplicación en una muestra amplia, la metodología empleada demuestra su capacidad para realizar estudios representativos sin necesidad de grandes inversiones y economizando mucho tiempo y recursos, cualidades ambas muy apreciables del instrumento y metodología

para la viabilidad de la planificación de estudios diagnósticos con muestras extensas (Kang, Scharmann y Noh, 2005; Dogan y Abd-El-Khalick, 2008).

Los resultados de la mayoría de las investigaciones previas citadas en la introducción, más o menos explícitamente, transmiten una visión muy negativa de las creencias de los estudiantes sobre NdCyT, resaltando el predominio de las creencias inadecuadas y negativas (Ryan y Aikenhead, 1992; Lederman, 1992, entre otros). Este estudio aporta un diagnóstico diferente y más complejo: las creencias negativas conviven con las positivas en todos los temas. Los indicadores medios de la muestra se sitúan en torno al valor cero, aunque esta neutralidad esconde un equilibrio entre creencias positivas y negativas, que se hace patente cuando se analizan los índices del centenar de frases evaluadas. Los resultados obtenidos se ajustan a un modelo formado por tres partes aproximadamente iguales: un tercio de las creencias de los estudiantes son muy negativas, otro tercio de las creencias son muy positivas y el tercio restante se sitúa en la zona neutral. En total, dos tercios de las frases aplicadas no exhiben creencias que puedan valorarse como positivas y la novedad aportada aquí es la existencia simultánea de creencias adecuadas o informadas, anticipada ya en algunos estudios (Manassero y Vázquez, 1998b; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Moss, Abrams y Robb, 2001).

Tal vez esto ocurre porque la mayoría de las investigaciones antecedentes se centran demasiado en probar ciertos rasgos abstractos acerca de la NdCyT (provisionalidad, creatividad, método científico, influencia social, relación con la tecnología, fundamento empírico, carga de la teoría, empirismo positivista, etc.), cuya valoración es invariablemente muy negativa, y en consecuencia, se concluye que los estudiantes tienen ideas muy ingenuas o poco informadas. A diferencia de ellas, este estudio es menos catastrofista que los antecedentes, halla múltiples y diferentes creencias, y no en un contexto abstracto, sino en los distintos contextos concretos que plantea cada cuestión como marco de las respuestas.

La perspectiva global que surge de este análisis añade otro hallazgo interesante: las creencias negativas y poco informadas de los estudiantes sobre NdCyT corresponden mayoritariamente a frases categorizadas como ingenuas y plausibles, mientras las creencias informadas y positivas corresponden mayoritariamente con frases categorizadas como adecuadas. Esta asimetría pone de manifiesto que los estudiantes parecen identificar mejor las ideas positivas (frases adecuadas) que las frases ingenuas o plausibles, que no reflejan ideas positivas. Esta contradicción revela superficialidad y cierta ambivalencia en el pensamiento de los estudiantes sobre NdCyT: identifican ideas adecuadas, pero no son capaces de negar en proporción parecida, sobre el mismo tema, otras ideas opuestas, que deberían rechazarse por ser incompatibles lógicamente con las anteriores. Esta contradicción supone que los estudiantes se adhieren, a la vez, a una frase adecuada y a una frase ingenua, incompatibles lógicamente entre sí, sin percibir la contradicción; es ambivalente, pues es muy típica de las cuestiones con una componente actitudinal y de valores, y es la raíz de las dificultades observadas en la enseñanza de los temas de NdCyT a estudiantes y profesores. Por ello, las propuestas para la enseñanza y el aprendizaje de la NdCyT sugieren ir más allá de la enseñanza implícita (por ejemplo, a través de actividades de investigación), porque le falta la

reflexión necesaria para evitar las contradicciones, y optar por una enseñanza explícita y reflexiva que produzca aprendizajes significativos (Akerson y Volrich, 2006; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004; entre otros). La enseñanza explícita requiere que las ideas de NdCyT se deben presentar directas, claras y manifiestas, y no a través de mediaciones que contribuyan indirectamente a oscurecerlas u ocultarlas; también requiere que las actividades explícitas deban ir seguidas de una deliberación suficiente sobre los contenidos enseñados y desarrollados.

En suma, los estudiantes encuestados en este estudio exhiben numerosas creencias inadecuadas que surgen mayoritariamente de su adhesión a frases ingenuas o plausibles, pero también exhiben creencias adecuadas sobre la NdCyT basadas en su acuerdo con las frases adecuadas. La existencia de creencias adecuadas en jóvenes estudiantes mostradas por el diagnóstico acerca de la NdCyT, no solo matiza positivamente los resultados muy negativos de investigaciones anteriores, sino que además es una buena noticia educativa, porque las creencias adecuadas son muy valiosas educativamente, pues pueden ser usadas didácticamente en la planificación de la enseñanza y aprendizaje de las cuestiones de NdCyT, como elementos estructurantes de la re-construcción de las creencias, ideas y actitudes negativas para lograr aprendizajes significativos.

### **Agradecimientos**

Proyecto de investigación SEJ2007-67090/EDUC financiado por la Convocatoria de ayudas a proyectos de I+D 2007 del Ministerio de Educación y Ciencia (España) y el apoyo de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) y la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá.

### **Referencias bibliográficas**

AAAS (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.

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

Acevedo, J.A.; Acevedo, P.; Manassero, M.A. y A. Vázquez (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*. En: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>.

Acevedo, J.A., Vázquez, A. y M.A. Manassero (2002). Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores. *Revista de Educación*, 328, 355-382. En <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo14.htm>.

Acevedo, J.A.; Vázquez, A.; Paixão, M.F.; Acevedo, P.; Oliva, J.M. y M.A. Manassero (2005). Mitos da didáctica das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência & Educação*, 11, 1, 1-15.

Aikenhead, G. (1987). High school graduates' beliefs about science–technology–society. III. Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education*, 71, 459–487.

Aikenhead, G.S. y A.G. Ryan (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 R.W. Fleming (1989). *Views on science-technology-society* (form CDN.mc.5). Saskatoon (Canada): Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan. Consultado 10/1/2005 en <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts.pdf>.

Akerson, V.L. y M.L. Volrich (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 4, 377-394.

Alters, B.J. (1997a). Whose nature of science?. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1, 39-55.

Bartholomew, H.; Osborne, J., y M. Ratcliffe (2004). Teaching Students "Ideas-About-Science": Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education* 88, 655– 682.

Bell, R.L.; Blair, L.M.; Crawford, B.A. y N.G. Lederman (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487–509.

Ben-Chaim, D. y U. Zoller (1991). The STS outlook profiles of Israeli High-School students and their teachers. *International Journal of Science Education*, 13, 4, 447-458.

Department for Education and Employment (1999). *Science in the National Curriculum*. London: HMSO.

Dogan, N. y F. Abd-El-Khalick (2008). Turkish Grade 10 Students' and Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A National Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 10, 1083–1112.

Eflin, J.T.; Glennan, S. y R. Reisch (1999). The nature of science: a perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1, 107-116.

Fleming, R. (1987). High school graduates' beliefs about science–technology–society. II. The interaction among science, technology and society. *Science Education*, 71, 163–186.

Kang, S.; Scharmann, L.C. y T. Noh (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, 4, 331-359.

Lederman, N.G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R.L. y R. Schwartz (2002). Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and

meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 6, 497–521.

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

Lederman, N.G.; Wade, P.D. y R.L. Bell (1998). Assessing understanding of the nature of science: A historical perspective. En W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 331-350). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Mackay, L.D. (1971). Development of understanding about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 8, 57–66.

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

Manassero, M.A. y A. Vázquez (1998b). *Opinions sobre ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Govern Balear, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.

Manassero, M.A. y A. Vázquez (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 J.A. Acevedo (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 J.A. Acevedo (2003a). Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología i societat (COCTS). Princeton, NJ: Educational Testing Service. En <http://www.ets.org/testcoll/>.

Manassero, M.A.; Vázquez, A. y J.A. Acevedo (2003b). Views on science-technology-society questionnaire: Categories and applications. Paper presented at the 4<sup>th</sup> Conference of the European Science Education Research Association (ESERA) on the Research and the Quality of Science Education, Noordwijkerhout, The Netherlands.

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

Millar, R. y J. Osborne (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: Kings College.

Moss, D.M.; Abrams, E.D. y J. Robb (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23, 771–790.

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

NSTA (2000). *National Science Teachers Association position statement: the nature of science*. En <http://www.nsta.org/159&psid=22>

Rubba, P.A. (1976). *Nature of scientific knowledge scale*. Bloomington, IN: School of Education, Indiana University.

Rubba, P.A. y H.O. Andersen (1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62, 449–458.

Rubba, P.A. y W.L. Harkness (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 W.J. Harkness (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 G.S. Aikenhead (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559–580.

Schwartz, R.; Lederman, N.G. y B.A. Crawford (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88, 4, 610-645.

Spector, B.; Strong, P. y T. Laporta (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En W. F. McComas. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 267-276). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

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

Vázquez, A.; Acevedo, J.A. y M.A. Manassero (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. En: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

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

Vázquez, A.; Acevedo, J.A.; Manassero, M.A. y P. Acevedo (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En I.P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 129-132). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro.

Vázquez, A. y M.A. Manassero (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 J.A. Acevedo (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90, 4, 681-706.

Wood, R.L. (1972). University education students' understanding of the nature and processes of science. *School Science and Mathematics*, 72, 73-79.

Zoller, U.; Donn, S.; Wild, R. y P. Beckett (1991). Students' versus their teachers' beliefs and positions on science-technology-society oriented issues. *International Journal of Science Education*, 13, 1, 25-35.

**Apéndice 1.-** Textos completos de dos cuestiones que contienen un gran número de frases con los índices más positivos o puntos fuertes (superíndice 1) y más negativos o puntos débiles (superíndice 2) de las creencias de los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia y tecnología.

20141 La política de un país afecta a sus científicos ya que éstos son una parte de la sociedad (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad).

Los científicos están afectados por la política de su país:

A. porque la subvención de la ciencia viene principalmente del gobierno que controla la manera de gastar el dinero. <sup>1</sup>

B. porque los gobiernos establecen la política científica dando dinero a algunos proyectos de investigación y no a otros. <sup>1</sup>

C. porque los gobiernos establecen la política científica teniendo en cuenta nuevas aplicaciones y nuevos proyectos, tanto si los subvenciona como si no. La política del gobierno afecta al tipo de proyectos que los científicos realizarán. <sup>1</sup>

D. porque la política limita y controla a los científicos diciéndoles qué investigación deben hacer.

E. porque los gobiernos pueden forzar a los científicos a trabajar en un proyecto que éstos creen malo (por ejemplo, investigación de armamentos) y, por tanto, no permitir a los científicos trabajar en proyectos beneficiosos para la sociedad. <sup>2</sup>

F. porque los científicos son una parte de la sociedad y están afectados como todos los demás. <sup>1</sup>

G. porque los científicos tratan de comprender y ayudar a la sociedad, y porque, por su implicación e importancia para la sociedad, están estrechamente relacionados con ésta.

H. Depende del país y la estabilidad o tipo de gobierno que tiene. <sup>2</sup>

Los científicos NO están afectados por la política de su país:

I. porque la investigación científica no tiene nada que ver con la política.

J. porque los científicos están aislados de su sociedad. <sup>1</sup>

90621 Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.

A. El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico. <sup>2</sup>

B. El método científico, tal como se enseña en las clases, debería funcionar bien para la mayoría de los científicos. <sup>2</sup>

C. El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad. <sup>1</sup>

D. Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad).

E. Muchos descubrimientos científicos fueron hechos por casualidad, y no siguiendo el método científico.