

--

	Imprimir este documento	Asesoría/Poceso Electoral /Actividad
--	-------------------------	--------------------------------------

--

Actitudes y creencias CTS de los alumnos: su evaluación con el cuestionario de opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad. José Antonio Acevedo Díaz 1, Ángel Vázquez Alonso, María Antonia Manassero Mas y Pilar Acevedo Romero José Antonio Acevedo Díaz trabaja en la Inspección de Educación de la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva-España. Ángel Vázquez Alonso es profesor en la Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de las Islas Baleares-España. María Antonia Manassero Mas es profesora del Departamento de Psicología de la Universidad de las Islas Baleares-España y Pilar Acevedo Romero es profesora del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla-España.

#### Resumen

Por un lado, la presencia de contenidos CTS innovadores en la enseñanza de las ciencias se considera hoy en día un indicador significativo de una auténtica alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, vayan o no a ser científicos o tecnólogos en el futuro. Por otro lado, la importancia de la evaluación diagnóstica de las ideas de los alumnos es algo totalmente necesario en educación, que cobra especial importancia desde la perspectiva de los modelos constructivistas de enseñanza y aprendizaje. En el artículo se estudian las actitudes y creencias del alumnado sobre los temas CTS, valorando sus respuestas al centenar de cuestiones del Cuestionario de Opiniones sobre CTS (COCTS) después de aplicar algunos avances recientes en el escalamiento de las cuestiones CTS propuestas y nuevos indicadores de calidad para su análisis. Se muestra cómo los nuevos procedimientos y elementos metodológicos incorporados permiten profundizar mucho más en la evaluación realizada así como matizar los resultados obtenidos en otras investigaciones anteriores. Palabras Clave Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS); Didáctica de las Ciencias Experimentales; Actitudes y creencias CTS; Evaluación de alumnos.

Introducción Hace más de una década, Hofstein et al. (1988) destacaban la preocupación de los expertos en educación CTS, participantes en un simposio organizado por la International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) y celebrado en Kiel (Alemania), por la evaluación del aprendizaje de los estudiantes, entre otros temas, e insistían en que ésta tiene que ser coherente con los objetivos que se proponen en los cursos de ciencias que incluyen entre sus objetivos las relaciones CTS. Señalaban la urgente necesidad de investigar alternativas a la evaluación tradicional, capaces de proporcionar nuevos criterios útiles

para la enseñanza y el aprendizaje CTS. Así mismo, recomendaban la búsqueda de instrumentos adecuados, válidos y fiables para aprendizajes que no son los tradicionales, así como normas de evaluación específicas para este marco de enseñanza: actitudes, valores, etc. Pasado el tiempo, pese a la cada vez mayor importancia de la educación CTS en los currículos escolares mundiales, la evaluación de la dimensión actitudinal y axiológica de la enseñanza de las ciencias aún se encuentra en un estado precario y queda mucho por hacer (Acevedo, 2000b; Acevedo et al., 2001), en general, en el ámbito de la didáctica de las ciencias. Un ejemplo más próximo en el tiempo puede ser que, en el *International Handbook of Science Education* (Fraser y Tobin, 1998), la sección dedicada a la evaluación es relativamente menos amplia, afirmándose ya en la primera línea que esa misma sección no se hubiera escrito diez años antes. La mayor parte de las investigaciones didácticas dirigidas a diagnosticar las opiniones y actitudes CTS se han centrado frecuentemente en el alumnado. No obstante, debido al natural interés de la didáctica de las ciencias por mejorar la enseñanza de las ciencias, la mayoría de las muestras empleadas corresponden a estudiantes de ciencias y, en mucha menor medida, a otros estudiantes o ciudadanos en general. Las propuestas de alfabetización científica y tecnológica (*scientific and technological literacy*) y ciencia para todos (*science for all*), que propugnan el objetivo básico de que todos los ciudadanos, científicos y no científicos, lleguen a comprender mejor la ciencia y la tecnología, así como sus papeles en la sociedad actual (Gil y Vilches, 2001; Solomon y Aikenhead, 1994), obliga a extender la representación muestral de las investigaciones en estos temas incluyendo a toda la población escolar (Manassero y Vázquez, 1998). En un trabajo anterior (Acevedo, 2001), se alentaba a la comunidad iberoamericana de investigadores interesada por la educación CTS a participar en la construcción de un catálogo general de los perfiles actitudinales en este área de conocimiento, correspondientes a los estudiantes iberoamericanos, evaluándolos con instrumentos y procedimientos válidos y fiables ya existentes. El estudio que se presenta aquí es una primera respuesta a este reto. Las preguntas del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (abreviado con su acrónimo COCTS) constituyen un poderoso inventario de un centenar de cuestiones CTS distribuidas en diferentes dimensiones (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez y Manassero, 1997, 1998). Utilizando todas las cuestiones de este instrumento con una muestra representativa de estudiantes mallorquines se ha obtenido un diagnóstico de sus actitudes CTS, cuyos rasgos más generales han sido detallados en otros trabajos (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001). En este artículo se exponen los resultados obtenidos a partir de esta misma muestra cuando se analizan utilizando nuevos procedimientos, indicadores y criterios de calidad en la evaluación de las respuestas del alumnado. Además, estos resultados permiten disponer de una amplia panorámica de actitudes y creencias CTS, lo que no es frecuente en la mayoría de los trabajos sobre el tema, que suelen limitarse a aspectos restringidos de este campo de investigación de la didáctica de las ciencias. Muestra La selección de la muestra representativa de estudiantes se hizo por cuotas (grupo-aula), al azar

entre todos los niveles educativos, y proporcional a la población de cada nivel mediante un muestreo estratificado con una afijación aproximadamente proporcional. La muestra válida se constituyó con 4132 alumnos (error muestral 4%, por exceso o defecto) de todos los niveles y modalidades del sistema educativo (titulados superiores, universitarios y estudiantes de secundaria), que existían en el momento de la aplicación del cuestionario COCTS (años 1995 y 1996) en Mallorca. Para el 95% de la muestra, las edades están comprendidas entre 14 (mínima) y 27 años, con una mayoría de mujeres (59%). La muestra total, equilibrada por género en cada grupo-clase y con un grado de exposición a los estudios de ciencias experimentales bajo (68%), medio (25%) y alto (7%), se distribuye en torno a las 700 personas para cada uno de los seis cuadernillos que integran el cuestionario (Vázquez y Manassero, 1998), aunque no siempre es idéntica debido a la mortalidad experimental por la existencia de cuadernillos incompletos o contestados de manera deficiente. Instrumento Los datos del alumnado se tomaron de las respuestas al centenar de preguntas que componen el COCTS, correspondientes a las siguientes dimensiones: Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones (9 cuestiones). Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología (15 cuestiones). Relación entre ciencia, tecnología y sociedad (1 cuestión). Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (22 cuestiones). Influencia de la ciencia escolar en la sociedad (3 cuestiones). Características de los científicos (12 cuestiones). Construcción social del conocimiento científico (14 cuestiones). Construcción social de la tecnología (4 cuestiones). Naturaleza de la ciencia (20 cuestiones). La única pregunta de la dimensión tercera se unió a las nueve de la primera, resultando una dimensión con 10 cuestiones. Procedimiento Los datos se obtuvieron utilizando un modelo de respuesta única, seleccionando cada alumno la opción que mejor se ajusta a su opinión entre todas las alternativas proporcionadas por cada una de las cuestiones del COCTS (Vázquez y Manassero, 1998, 1999), clasificándose luego en las categorías Adecuada, Plausible e Ingenua, a las que se añadió la categoría Otras donde se incluyen respuestas del tipo No comprendo lo que se pregunta, No sé suficiente del tema como para elegir una opción, etc. (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000). La clasificación de todas las opciones posibles (las 637 frases del cuestionario) en las categorías anteriores (143 frases adecuadas, 274 plausibles y 220 ingenuas) se hizo previamente a partir de la baremación realizada por un panel de once jueces expertos (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000), siguiendo un modelo de respuesta múltiple, con el que valoraron su grado de acuerdo con todas y cada una de las opciones presentes en las 100 cuestiones sobre una escala de nueve puntos; modelo que es mucho más potente que el de respuesta única porque maximiza la información disponible en cada pregunta del COCTS y permite alcanzar mucho mayor grado de precisión en la evaluación de las actitudes CTS (Vázquez y Manassero, 1999). Para todas las cuestiones y para cada dimensión, el procedimiento empleado consiste en trasladar el número de respuestas directas correspondientes a cada categoría establecida, disponiendo así de la frecuencia de respuestas adecuadas, plausibles, ingenuas y otras.

Después, se asignan las siguientes puntuaciones a las categorías: Adecuada (3,5), Plausible (1) e Ingenua (0), de acuerdo con la explicación detallada que Vázquez y Manassero (1999) han dado de las ventajas de esta escala de puntuaciones respecto a la propuesta por Rubba, Schoneweg y Harkness (1996). Además, a las respuestas clasificadas como Otras también se les ha asignado cero puntos. De esta forma se puede calcular un índice de actitud como media ponderada, que es un indicador cuantitativo de la calidad relativa de cada una de las cuestiones, dimensiones y el propio COCTS; un valor mayor del índice significa más calidad en las respuestas obtenidas. En el caso de las dimensiones y del cuestionario completo se utilizan también dos criterios más para valorar globalmente la calidad de las respuestas. Por un lado, para cada cuestión de la dimensión, se anota la categoría a la que pertenece la opción elegida más veces en las respuestas a la cuestión, estableciéndose a continuación como indicador de calidad la frecuencia por cada categoría (adecuada, plausible e ingenua). Por otro lado, para el conjunto de cuestiones que componen una dimensión, se determinan las categorías a las que pertenecen las frases más elegidas, entendiendo por esto las que alcanzan un porcentaje no inferior al 20%; esto es, con al menos un quinto de las respuestas, criterio que puede restringirse a niveles más elevados (p.ej., la mitad de las respuestas). También ahora, el indicador de calidad es la frecuencia en cada categoría establecida. Resultados En conjunto, las respuestas de los alumnos a las preguntas del COCTS son variadas y aceptables, sobre todo si tenemos en cuenta que los temas evaluados tienen muy escasa o nula presencia explícita en el currículo y en la enseñanza de las ciencias de nuestro país. En efecto, la opción más seleccionada en cada una de las 100 cuestiones del COCTS es adecuada en 54 ocasiones, plausible en 37 e ingenua sólo 9 veces, pese a que había menos frases adecuadas que de las otras categorías, como se ha indicado más arriba. Así mismo, cuando se comprueba la frecuencia de frases más elegidas (155, de acuerdo con el criterio del 20% señalado en el procedimiento) resulta que prácticamente la mitad son adecuadas (77), cerca de dos quintos plausibles (59) y pocas ingenuas (19). Si la selección anterior se restringe a las frases escogidas por al menos la mitad del alumnado (criterio del 50%), aparecen 17, de las que 13 (más de tres cuartos) corresponden a opciones adecuadas y 4 a plausibles. Además, la puntuación media global alcanzada para el COCTS completo es 1,61; un valor situado en torno al punto central de la escala utilizada. No obstante, como quizás podía esperarse, también hay insuficiencias importantes, algunas de las cuales se desprenden de los resultados globales que se acaban de exponer. La distribución total por categorías es más de un tercio de respuestas adecuadas, menos de dos quintos de plausibles y más de un cuarto de ingenuas (un quinto de éstas) y otras. Las insuficiencias y limitaciones no se reparten con uniformidad en todas las dimensiones del COCTS. Por ejemplo, las respuestas adecuadas se reducen a poco más de la mitad en la dimensión correspondiente a la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología en comparación con las de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Así mismo, las puntuaciones globales en las distintas dimensiones son heterogéneas, oscilando desde un

valor mínimo de 1,37 a uno máximo de 1,90 (tabla 1). Incluso dentro de cada dimensión también hay bastante heterogeneidad (tablas 2-9), puesto que en todos los casos hay cuestiones con puntuaciones superiores a 2,00 y, en la mayoría, otras con valores inferiores a 1,00, independientemente de la puntuación media alcanzada. Tabla 1 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para las dimensiones del COCTS. Categorías de respuestas Dimensión %

Dimensión	Adecuadas %	Plausibles %	Ingenuas %	Otras PALU
Todas las cuestiones del COCTS	35,1	38,4	20,1	6,4
Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones	38,3	34,4	22,9	4,5
Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología	24,3	51,6	17,4	6,7
Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	42,9	39,8	12,8	4,4
Influencia de la ciencia escolar en la sociedad	33,8	48,1	12,4	5,8
Características de los científicos	40,0	44,5	10,9	4,6
Construcción social del conocimiento científico	26,4	38,2	28,1	7,3
Construcción social de la tecnología	38,4	31,4	22,8	7,4
Naturaleza de la ciencia	34,5	23,4	31,9	10,2

En la tabla 1 se indican, para cada categoría, los porcentajes de respuestas del alumnado para el conjunto de las 100 preguntas y cada una de las dimensiones del COCTS, acompañados de la puntuación media (PALU) en cada caso. Las puntuaciones medias más altas se logran en las dimensiones: Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (1,90). Características de los científicos (1,85). Las puntuaciones medias más bajas se obtienen en las dimensiones: Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología (1,37). Naturaleza de la ciencia (1,44). Construcción social del conocimiento científico (1,45). Dimensiones 1 (Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones) y 3 (Relación entre ciencia, tecnología y sociedad del COCTS). De las 10 cuestiones que componen estas dos dimensiones, la opción más escogida es adecuada en 6 ocasiones, plausible en 3 e ingenua en 1. La frecuencia de frases más elegidas (18), utilizando el criterio del 20%, es la mitad adecuadas (9), un tercio plausibles (6) y pocas ingenuas (3). Además, hay una cuestión (10411) en la que una opción adecuada fue seleccionada por cerca de tres cuartos. Así pues, los resultados de esta dimensión pueden considerarse bastante aceptables en conjunto. Tabla 2 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para las dimensiones 1 (Ciencia y tecnología. Definiciones y relaciones) y 3 (Relación entre ciencia, tecnología y sociedad) del COCTS. Categorías de respuestas Cuestiones %

Categoría	Adecuadas %	Plausibles %	Ingenuas %	Otras PALU
10111	46,80	45,75	4,32	3,13
10113	39,69	41,53	14,97	3,81
10211	16,18	53,97	25,38	4,46
10311	18,34	52,89	26,52	2,26
10411	76,54	1,65	19,40	2,41
10412*	51,76	44,12	4,12	0,52
10413	69,64	9,23	16,67	4,46
10421	22,28	61,64	12,13	3,95
10431	40,89	22,39	28,79	7,93
30111**	55,06	36,90	8,04	1,93

(\*) No hay opciones adecuadas en el COCTS (\*\*) No hay opciones plausibles en el COCTS Los datos de las respuestas a cada una de las cuestiones de estas dos dimensiones se muestran en la tabla 2. Si se excluyen las preguntas 10412 y 30111, en las que no hay opciones adecuadas o plausibles, respectivamente, se comprueba que: Los mejores resultados se alcanzan en las cuestiones: 10411: Relación entre ciencia y tecnología. La opción que relaciona

adecuadamente ciencia y tecnología es elegida por cerca de tres cuartos. En cambio, muy pocos (5,3%) seleccionan otra opción más adecuada todavía, que no sólo destaca la relación intrínseca sino que también alude a su diferencia. La opción ingenua más escojida (11,1%) incide exclusivamente en la dependencia de la tecnología de la ciencia. Cabe destacar que, si bien se asume la estrecha relación actual entre ciencia y tecnología, se distingue entre ambas, pues la opción que establece que la tecnología es muy parecida a la ciencia no recibe apoyo; por tanto, los estudiantes estarían lejos del concepto postmoderno de tecnociencia, sugerido por muchos autores para describir la creciente imbricación entre ellas.

10413: Influencia de la tecnología en la ciencia. Las dos frases preferidas son adecuadas. La primera (cerca de un tercio) afirma que los avances tecnológicos conducen al progreso de la ciencia. La segunda (un cuarto) sostiene que la tecnología suministra herramientas y técnicas a la ciencia. Aquí, la perspectiva ingenua de la tecnología como ciencia aplicada se da en un 15,2%, pese a que la pregunta no promovía esta respuesta. Otra opción muy adecuada, según la cual la disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica fue seleccionada por el 14,4%. En suma, predomina la idea de que la tecnología amplía la capacidad de progreso de la ciencia.

10111: Definición de ciencia. Predominan las respuestas adecuadas y plausibles (algo menos de la mitad en cada caso). La opción de la ciencia como un cuerpo de conocimientos la escoje más de un tercio. Le sigue a gran distancia (16,8%) la frase plausible que considera la ciencia como una forma de explorar lo desconocido y hacer descubrimientos sobre el mundo y su funcionamiento. Así pues, de manera global, la conceptualización de la ciencia realizada por los estudiantes se podría evaluar como apropiada, ya que mayoritariamente captan muchos aspectos de la esencia de la ciencia. Por el contrario, los peores corresponden a:

10211: Definición de tecnología. La opción que más se prefiere (un cuarto) identifica la tecnología con ciencia aplicada; una idea ingenua que también tiene cerca de la mitad del profesorado (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2001). La segunda frase elegida (cerca de un cuarto) es más plausible, describiendo la tecnología como procesos e instrumentos. La tercera opción (16,2%) es la más adecuada e incluye, además de diseñar y saber hacer cosas, aspectos organizativos, económicos y a los consumidores. Puede comprobarse que la conceptualización de la tecnología que hacen los estudiantes es bastante más ingenua que la de la ciencia. Así, la idea de tecnología como ciencia aplicada es la principal, apareciendo también en otras cuestiones sobre las relaciones entre ciencia y tecnología (p.ej., 10411 y 10413).

10311: Significado de Investigación y Desarrollo (I+D). Cerca de dos quintos opta por un significado ambivalente de I+D que puede beneficiar y perjudicar a la humanidad, dependiendo de su uso; una respuesta clasificada como plausible que revela una actitud preventiva ante I+D. Las siguientes frases más elegidas no llegan juntas a la frecuencia anterior (un tercio entre ambas). Una es adecuada (18,3%) y considera I+D como una combinación de ciencia y tecnología. La otra es ingenua (15,0%), ya que en la misma subyace la visión de la tecnología (desarrollo) determinada por la ciencia (investigación).

10421: Inversión

económica en tecnología y ciencia. En general, se considera que ambas ofrecen ventajas, aunque la ciencia se percibe más dirigida hacia los avances médicos y medioambientales, mientras que la tecnología se considera más encaminada a mejorar la eficiencia y el bienestar. La opción mayoritariamente seleccionada (cerca de dos quintos) es plausible: hay que invertir en ambas porque cada una ofrece ventajas a la sociedad. Las dos siguientes frases más elegidas lo son en una proporción semejante (más de un quinto cada una). La primera se considera adecuada: invertir en ambas porque interaccionan y se complementan. La segunda es plausible: invertir en ambas porque el conocimiento científico es necesario para hacer avanzar la tecnología. Dimensión 2 (Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología). Para las 15 cuestiones de esta dimensión, la frase más elegida es adecuada 7 veces y plausible 8. La frecuencia de opciones más seleccionadas (21) es más de dos quintos adecuadas (9), más de la mitad plausibles (11) y solamente 1 ingenua. De manera global, los resultados de esta dimensión son relativamente aceptables, aunque es la que tiene peor puntuación media, lo que, sin duda, es un indicador poco satisfactorio. Tabla 3 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para la dimensión 2 (Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología). Categorías de respuestas Cuestiones

	% Adecuadas	% Plausibles	% Ingenuas	% Otras	PALU 2011*
20111	90,85	5,35	3,80	0,91	20121
20121	32,88	29,58	34,08	3,45	1,45
20131	10,38	63,66	18,78	7,18	1,00
20141	59,40	8,66	20,90	11,04	2,17
20151	61,50	16,36	10,16	11,99	2,22
20211	9,46	71,49	13,35	5,70	1,05
20311	12,57	64,27	9,04	14,12	1,08
20321	9,91	63,66	24,47	1,95	0,98
20411*	58,17	33,28	8,55	0,58	20511
20511	14,14	40,03	40,33	5,51	0,90
20521	38,93	33,29	22,71	5,08	1,70
20611	26,56	59,39	6,95	7,09	1,52
20711	20,06	74,58	1,84	3,53	1,45
20811	10,81	78,83	3,45	6,91	1,17
20821	57,34	18,35	20,18	4,13	2,19

(\*) No hay opciones adecuadas en el COCTS En la tabla 3 se indican los datos de las respuestas a las cuestiones que constituyen esta dimensión. Descartando las preguntas 20111 y 20411, en las que no hay opciones adecuadas, se verifica que: Los mejores resultados se obtienen en las cuestiones: 20151: Influencia de la política de nuestro país en los científicos. Las tres opciones más escogidas son adecuadas y entre ellas llegan a casi dos tercios de las respuestas. La primera de éstas (más de un quinto) hace alusión a que los científicos de nuestro país se ven afectados como cualquier otro miembro de la sociedad. La segunda (más de un quinto) la atribuye a que las subvenciones de los proyectos provienen sobre todo del gobierno. La tercera (17,5%) a que los gobiernos establecen su política científica no sólo dando dinero sino teniendo en cuenta nuevas aplicaciones. Hay una cuarta opción (16,4%) que es plausible al sostener que la influencia es porque los científicos están estrechamente relacionados con la sociedad. Estas cuatro opciones reconocen, por variados motivos, la influencia de la política de nuestro país en los científicos y las adhesiones a las mismas alcanzan casi los cuatro quintos de las respuestas. 20821: Influencia de la sociedad en la ciencia. La frase más seleccionada (menos de dos quintos) es adecuada y achaca la influencia a que los científicos también son ciudadanos y se muestran predispuestos a estudiar los temas que interesan a la sociedad.

Globalmente, se puede resumir que una mayoría de estudiantes elige buenas razones para aceptar la influencia de la sociedad sobre la ciencia (mejores que para admitir su influencia sobre la tecnología), especialmente cuando la pregunta se plantea de manera general, como en este caso. 20141: Influencia de la política de un país en los científicos. Las tres opciones preferidas se consideran adecuadas y con porcentajes similares; entre ellas superan más de la mitad de las respuestas. La primera (más de un quinto) atribuye la influencia a que la subvención de la ciencia proviene sobre todo del gobierno. La segunda (16,4%) a que los gobiernos establecen nuevos proyectos y aplicaciones tanto si los subvencionan como si no. La tercera (15,4%) a que la política científica determina qué proyectos se subvencionan y cuáles no. Como en la cuestión 20151, se reconoce la influencia de la política de cualquier país en los científicos por casi cuatro quintos. Mientras que los peores aparecen en: 20511: Para progresar, el país necesita que los alumnos estudien más ciencia. Aquí las respuestas están bastante repartidas. Dos opciones plausibles se seleccionan en mayor medida (más de un tercio entre ambas). Una (18,3%) apoya que los alumnos estudien más ciencia, porque ésta afecta a casi todos los aspectos de la sociedad. La otra (18,2%) sostiene lo contrario, porque hay otras materias importantes para el éxito del país. Le siguen dos opciones ingenuas (casi un tercio entre ambas). La primera (15,9%) defiende que no es necesario estudiar más ciencia porque hay personas a las que no les gusta. La segunda (15,3%) también se opone porque otras personas no deben decidir si hay que estudiar más ciencia. La respuesta más adecuada (14,1%) aboga por estudiar más ciencia pero de otro tipo, que haga más hincapié en cómo la ciencia y la tecnología afecta a nuestras vidas cotidianas. Los estudiantes consideran difícil la comprensión de las materias de ciencias y, por eso, éstas no les gustan. En este marco de amplio rechazo, los estudiantes consideran muy importante la libertad de elegir por sí mismos sus estudios. En conjunto, solamente algo más de un tercio del alumnado se muestra favorable a estudiar más ciencia. En contra están casi tres quintos, cuestionando la utilidad de la educación científica escolar puesto que no logra dar fundamentos a sus necesidades; incluso la minoría que apoya estudiar más ciencia considera que ésta debería estar más centrada en la vida cotidiana. 20321: Los científicos eligen trabajar en investigación para el ejército. La opción elegida por la gran mayoría (casi dos tercios) es plausible, afirmando que depende de sus valores e intereses de investigación. La segunda (casi un quinto) es ingenua, sosteniendo que los científicos prefieren trabajar en otras áreas al servicio de la humanidad. Conviene apuntar que en otra cuestión (20311) se encontró que más de dos quintos creen, por diferentes motivos, que la mayor parte de la investigación se hace para el ejército y la industria, lo que, al cruzarlos con los de esta pregunta, revela cierto grado de incoherencia. 20131: Más control del gobierno hace más eficaz la ciencia. Las dos opciones más escogidas son plausibles. Predomina ampliamente (más de dos quintos) la que considera que el gobierno debe subvencionar pero no controlar la ciencia. Le sigue a distancia (un quinto) la que estima que sólo deben controlarse las que sean más útiles para la sociedad. Como se ha señalado más arriba (20411 y

20421), se reconoce la influencia de la política, pero no se acepta el control del gobierno sobre la ciencia para buscar una mayor eficiencia (más de tres quintos). Dimensión 4 (Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad). De las 22 cuestiones de esta dimensión, la opción preferida es adecuada en 14 ocasiones (cerca de dos tercios) y plausible en 8. El análisis de la frecuencia de las frases más escogidas (38) permite comprobar que la mitad son adecuadas (19), más de dos quintos plausibles (17) y tan sólo 2 ingenuas. Además, 4 de las frases adecuadas son elegidas por un porcentaje superior al 60%. En conjunto, los resultados de esta dimensión son buenos y también logran la puntuación media más alta. Tabla 4 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para la dimensión 4 (Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad). Categorías de respuestas Cuestiones % Adecuadas % Plausibles % Ingenuas % Otras PALU

Categoría	40111	40121	40131	40142*	40161	40211	40221	40231	40311	40321	40411	40421	40431**	40441	40451	40511	40521	40531	40611	40711	40811	40821*
Adecuadas %	43,57	38,11	57,55	74,02	79,54	53,13	28,15	49,37	14,10	60,45	31,39	59,94	76,87	58,36	63,05	69,53	50,31	69,36	36,34	15,09	74,61	58,26
Plausibles %	39,71	56,33	16,50	18,17	18,32	33,18	36,63	34,35	65,44	29,02	5,94	2,28	20,59	1,81	25,53	21,87	37,92	16,29	53,66	7,05	7,05	33,48
Ingenuas %	13,29	4,87	22,28	7,81	0,92	9,82	28,57	12,38	11,57	6,02	6,28	2,39	2,54	4,04	8,89	3,32	3,36	9,27	4,37	3,24	3,24	8,26
Otras %	0,70	0,70	1,90	0,74	0,22	3,87	6,65	3,89	8,89	4,51	1,70	2,69	2,69	2,06	2,54	2,65	8,41	2,59	5,63	1,27	1,27	0,58

(\*) No hay opciones adecuadas en el COCTS (\*\*) No hay opciones plausibles en el COCTS Los datos de las respuestas a las cuestiones correspondientes a esta dimensión se exponen en la tabla 4. Eliminando las preguntas 40142 y 40821, en las que no hay opciones adecuadas, y 40311, sin opciones plausibles, se comprueba que: Se consiguen los mejores resultados en las preguntas: 40161: La ubicación de la industria pesada contaminante. Las dos opciones preferidas (más de dos tercios entre ambas) son adecuadas. La más elegida con diferencia (casi la mitad) defiende que no debería trasladarse a los países subdesarrollados, sino que hay que eliminarla o reducirla donde ya está. La segunda (un quinto) sostiene que el problema principal no es de ubicación porque los efectos contaminantes son globales y afectan a todo el planeta. 40511: Más desarrollo en ciencia y tecnología conduce a más riqueza del país. La opción más seleccionada (dos quintos) es la más adecuada; afirma que también hay otros caminos para incrementar la riqueza del país. Le sigue (más de un quinto) una plausible, que está de acuerdo con la frase porque traerá más eficacia, productividad y progreso. La tercera (un quinto) también es adecuada, apoyando este desarrollo porque hará a nuestro país menos dependiente de los demás. 40531: Más tecnología implica mayor nivel de vida en el país. Una opción adecuada es elegida por la mayoría (más de tres quintos). Ésta es ambivalente: más tecnología puede aumentar el nivel de vida pero quizás no mejore la calidad, porque puede provocar otros problemas colaterales. Las demás opciones quedan a mucha distancia. 40451: Ciencia y tecnología resolverán en el futuro los problemas de contaminación que son

insolubles hoy en día. La opción adecuada que escoje la mayoría (más de tres quintos) afirma que no pueden hacerlo por sí solas, sino que es responsabilidad de todas las personas intervenir en estos temas con prioridad absoluta. 40321: Hay que gastar más dinero en ciencia y tecnología en el país, aunque sea a expensas de quitárselo a otras inversiones. La opción mayoritariamente seleccionada (tres quintos) sostiene que hay que gastar equilibradamente, tanto en ciencia y tecnología como en otras cosas que también son importantes. En cambio, los peores resultados los obtienen en: 40311: Siempre hay que equilibrar los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. Hay una actitud dividida entre los que piensan que es posible conseguir el equilibrio y quienes creen que no siempre es posible alcanzarlo o no tiene sentido hacerlo. La opción preferida (un cuarto) es plausible: muchas veces el equilibrio no tiene sentido; p.ej., para qué inventar máquinas que ahorran trabajo pero producen desempleo? 40811: Influencia de la tecnología en la sociedad. Las dos opciones más elegidas (entre ambas superan la mitad de las respuestas) son plausibles. La primera (más de un quinto) afirma que, dependiendo de cómo se use, la tecnología proporciona a la sociedad medios para mejorar o destruirse. La segunda (menos de un quinto) sostiene que la forma en que la sociedad usa la tecnología influye en ésta. Las frases adecuadas se seleccionan poco. 40221: La ciencia y la tecnología pueden ayudar a las personas a tomar decisiones morales. Menos de tres quintos apoyan las opciones que señalan que a veces pueden ayudar, mientras que menos de dos quintos se muestran a favor de las que apuntan que no pueden ayudar. En esta cuestión hay un reparto semejante entre cada categoría. La opción preferida (más de un cuarto) es adecuada: pueden ayudar dando información básica, pero las decisiones morales las toman las personas. La siguiente más escogida (un quinto) es plausible: no pueden ayudar porque las decisiones morales sólo dependen de valores y creencias personales. Dimensión 5: Influencia de la ciencia escolar en la sociedad. En esta dimensión solamente hay tres preguntas, mostrándose los datos correspondientes en la tabla 5. La opción más escogida es adecuada en 2 ocasiones y plausible en 1. La frecuencia de las opciones más elegidas (3) es también de 2 adecuadas y 1 plausible. En resumen, los resultados de esta dimensión, bastante limitados por el escaso número de cuestiones, son aceptables y se encuentran en una posición intermedia. Tabla 5 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para la dimensión 5 (Influencia de la ciencia escolar en la sociedad). Categorías de respuestas

Categorías de respuestas	% Adecuadas	% Plausibles	% Ingenuas	% Otras
PALU 50111	62,39	28,29	6,73	2,60
50211	33,98	30,99	26,20	8,83
50311	7,33	82,37	4,51	5,78

El mejor resultado se logra en: 50111: La existencia de las dos culturas: personas de letras y de ciencias. Las respuestas dominantes (casi dos tercios) corresponden a la opción que defiende que hay personas que entienden tanto de ciencias como de letras; es decir, no perciben la existencia de las dos culturas dividiendo a la sociedad. Y el peor en: 50311: La imagen de la ciencia que proporcionan los programas de televisión y las clases de ciencias. Cerca de la mitad de las respuestas son de una opción plausible: ambas, clases de ciencias y programas de televisión, dan

imágenes exactas de la ciencia; las clases de ciencias se centran más en los principios básicos, mientras que los programas de televisión lo hacen en su aplicación real. La segunda opción más elegida (menos de un quinto) también es plausible: los programas de televisión dan una imagen más exacta, porque este medio permite describir mejor los acontecimientos científicos. La respuesta considerada más adecuada, que afirma que ni las clases ni los programas televisivos dan una imagen exacta, es muy poco escogida (7,3%). Cabe señalar que hay más respuestas exclusivamente favorables a los programas de televisión (36,6%), que a las clases de ciencias (6,0%), por lo que la percepción de la ciencia escolar no resulta favorecida.

Dimensión 6: Características de los científicos. Los resultados de las respuestas a las cuestiones correspondientes se señalan en la tabla 6. Para las 12 preguntas de esta dimensión, la frase preferida es adecuada 6 veces (la mitad), plausible 5 (más de dos cuartos) e ingenua 1. La frecuencia de frases más elegidas (21) es casi la mitad adecuadas (10), casi otra mitad plausibles (10) y tan sólo hay 1 ingenua. Los resultados de esta dimensión son, globalmente, buenos, siendo también una de las dos donde la puntuación media que se alcanza es más alta.

Tabla 6  
Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para la dimensión 6 (Características de los científicos).

Categorías de respuestas	Cuestiones	% Adecuadas	% Plausibles
Ingenuas	% Otras PALU		
60111	38,41	44,97	14,39
60211	35,68	2,23	1,79
50,92	5,64	7,76	1,76
60221	18,20	61,95	11,88
7,97	1,26	60222	15,18
58,59	16,87	9,36	1,12
60226	64,22	18,11	10,03
7,63	2,43	60311	19,92
25,71	47,46	6,92	0,95
60411	66,53	24,41	1,39
7,67	2,57	60421	26,06
46,20	20,14	7,61	1,37
60511	30,98	63,76	4,06
1,20	1,72	60521	46,58
45,78	5,75	1,89	2,09
60531	25,92	59,20	11,35
3,53	1,50	60611	57,02
31,43	7,37	4,17	2,31

Los mejores resultados aparecen en las cuestiones: 60411: La vida familiar y social de los científicos. La primera opción más escogida (más de un tercio) es adecuada: hay científicos muy metidos en su trabajo, pero muchos tienen tiempo para atender a su familia y las relaciones sociales. Le sigue (menos de un quinto) la opción plausible que sostiene que, si bien en el trabajo los científicos son diferentes a otras personas, esto no quiere decir que prácticamente no tengan vida familiar ni social. La tercera (menos de un cuarto) es adecuada y defiende que la vida social es valiosa para un científico, ya que de lo contrario se vería afectado su trabajo. En resumen, la percepción del alumnado es que las relaciones sociales de los científicos son normales, semejantes a las de cualquier otra persona y, por tanto, alejadas del mito del aislamiento social en una torre de marfil. 60226: La honradez de los científicos en su trabajo. La frase mayoritariamente preferida (más de la mitad) es adecuada: hay científicos honrados y otros que no lo son; la actitud general es, pues, ambivalente y escéptica. 60611: Motivos principales por los que actualmente hay más científicos que científicas. La opción más elegida (cerca de un tercio) es plausible; sostiene que no hay razones para que esto ocurra, porque ambos son iguales de capaces y las oportunidades son iguales hoy en día. Las dos siguientes son adecuadas. La primera (más de un cuarto) mantiene que en el pasado se animaba mucho más a los hombres que a las mujeres, pero las cosas están cambiando y es probable que cada día haya más

científicas. La segunda (un quinto) afirma que habitualmente se ha discriminado a las mujeres por estereotipos sociales y prejuicios, aunque éstas tienen la misma capacidad para la ciencia que los hombres. Los peores se obtienen en: 60311: La influencia de las creencias religiosas en los descubrimientos científicos. La opción preferida ahora (cerca de la mitad) es ingenua: las creencias religiosas no influyen porque caen fuera del dominio de la ciencia. Aunque en otra cuestión (20411) la mayoría (próxima a tres quintos) reconoce la influencia de los factores éticos y religiosos propios de la cultura, en ésta se niega mayoritariamente la influencia de las creencias religiosas personales. 60222: Comparación de características personales de los científicos y otras personas en su trabajo y en la vida cotidiana. La opción plausible que afirma que los científicos tienen ciertas características especiales en su trabajo pero no en la vida cotidiana es seleccionada por la mayoría (la mitad). 60221: Características personales de los científicos en su trabajo y en la vida cotidiana. La opción más escogida (menos de un tercio) es plausible: tienen estas características en el trabajo pero no en la vida cotidiana, aunque a veces pueden prolongarse. Sigue otra frase plausible (poco más de un quinto), que sostiene lo mismo que antes, sin el matiz de la posible extensión a la vida corriente. Se comprueba que la suma de los porcentajes de ambas coincide prácticamente con el de la opción mayoritaria de la cuestión anterior. La respuesta más adecuada, según la cual no se debe suponer que tengan estas características especiales ni en casa ni en la vida corriente, es la tercera en preferencia (menos de un quinto). El análisis conjunto de estas dos cuestiones muestra que predominan ampliamente (más de la mitad) las respuestas que optan por atribuir características especiales a los científicos en su trabajo pero no en la vida cotidiana, seguidas a distancia (menos de un quinto) por las que no se las asignan. Son claramente minoritarias las posiciones que les otorgan estos rasgos en todo momento e incluso las características contrarias. 60421: La paciencia y determinación como cualidades de los científicos para superar el aburrimiento y la frustración. Domina (menos de la mitad) una opción plausible: paciencia y determinación son necesarias para el trabajo científico, sin las que no podrían obtener resultados correctos. La opción más adecuada, que considera que cualquier científico puede verse afectado por el aburrimiento y la frustración es la siguiente, siendo escogida por más de un cuarto. Dimensión 7: Construcción social del conocimiento científico. De las 14 cuestiones de esta dimensión, la opción preferida es adecuada 3 veces (más de un quinto), plausible 7 (la mitad) e ingenua 4 (más de un cuarto). La frecuencia de frases más elegidas (23) da como resultado que más de un tercio son adecuadas (8), más de dos quintos plausibles (10) y más de un quinto ingenuas (5). Cabe señalar que hay una cuestión (70321) en la que una opción adecuada fue elegida por más de dos tercios. De manera global, los resultados de esta dimensión no son aceptables del todo, siendo también una de las que tienen una puntuación media más baja, un indicador que resulta insatisfactorio. Tabla 7 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para la dimensión 7 (Construcción social del conocimiento científico). Categorías de respuestas Cuestiones % Adecuadas %

Plausibles	%	Ingenuas	%	Otras	PALU	70111*	-	63,03	24,79	12,18	0,63
70121	14,91	59,19	16,87	9,04	1,11	70211	23,35	47,47	21,04	8,14	1,29
70221	57,74	2,41	32,33	7,52	2,05	70231	33,47	4,10	56,50	5,93	1,21
70311	22,04	36,26	34,73	6,97	1,13	70321	69,93	9,22	19,01	1,84	2,54
70411	45,69	31,16	19,82	3,33	1,91	70511*	-	66,21	25,96	7,83	0,66
70611	18,33	20,45	53,64	7,57	0,85	70621	14,96	62,54	16,81	5,70	1,15
70711	35,38	28,11	29,51	6,99	1,52	70721	29,26	38,78	25,71	6,25	1,41
70811	2,57	68,84	15,13	13,46	0,78	(*) No hay opciones adecuadas en el					

COCTS En la tabla 7 se muestran los resultados de las respuestas que corresponden a las preguntas de esta dimensión. Eliminando las cuestiones 70111 y 70511, que no tienen opciones adecuadas, se verifica que: Los mejores resultados se alcanzan en las cuestiones: 70321: El anuncio de los resultados de una investigación. Una opción adecuada es absolutamente mayoritaria (más de dos tercios); se afirma que primero el descubrimiento debe discutirse con otros científicos para comprobarlo, verificarlo y, en su caso, corregirlo antes de hacerlo público. 70221: La objetividad de los científicos al aceptar o rechazar una nueva teoría científica. La opción preferida en gran medida (casi dos quintos) es adecuada: las decisiones de los científicos para aceptar o rechazar una teoría van más allá de los hechos supuestamente objetivos. A continuación siguen dos opciones con una frecuencia en torno a un quinto cada una. La primera es ingenua: las decisiones se basan exclusivamente en hechos objetivos. La segunda es adecuada: también influyen factores subjetivos como sentimientos, opciones, intereses y motivos particulares. 70411: El cumplimiento de los ideales de la ética científica. De nuevo destaca una opción adecuada (alrededor de la mitad), que apoya una posición ambivalente: hay científicos que los cumplen y otros capaces de hacer cualquier cosa por conseguir lo que desean. Una opción ingenua es la segunda más elegida (un quinto), la cual considera que los científicos siempre trabajan cooperando y no compitiendo entre sí. Mientras que los peores aparecen en: 70611: Influencia de la personalidad de los científicos en el contenido de sus teorías. En conjunto, las respuestas ingenuas que niegan tal influencia porque este contenido se basa en hechos objetivos superan la mitad de los casos. La primera opción escogida (más de un quinto) es ingenua; defiende lo anterior, aunque con el matiz de que sí puede influir en la forma de hacer el experimento. La segunda (un quinto) es plausible; apoya una posible influencia en la manera de hacer la investigación. Las dos siguientes son ingenuas (cerca de un tercio entre ambas), negando la influencia con o sin matices. 70811: Comportamiento de los científicos en la ciencia privada y en la ciencia pública. La primera opción elegida (más de un cuarto) es plausible: las posibles diferencias se deben a la forma de ser de cada científico. La segunda (más de un quinto) también es plausible; atribuye las diferencias a que en público los sesgos pueden modificarse por las opiniones contrarias. Es de destacar que la respuesta más adecuada, por la que hay más presión en la ciencia pública que en la privada para parecer lógico, imparcial, objetivo y de mentalidad abierta, no es seleccionada por casi nadie. Dimensión 8: Construcción social de la tecnología. En este caso hay solamente cuatro preguntas, indicándose los datos correspondientes en la tabla 8. La opción más elegida

es adecuada 3 veces y plausible 1. La frecuencia de las opciones más seleccionadas (8) es la mitad adecuadas (4), más de un tercio plausibles (3) y 1 ingenua. En resumen, los resultados de esta dimensión, restringidos por el pequeño número de cuestiones, son aceptables y se encuentran en una posición intermedia. Tabla 8 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para la dimensión 8 (Construcción social de la tecnología). Categorías de respuestas Cuestiones % Adecuadas % Plausibles % Ingenuas % Otras PALU 80111 34,67 37,60 22,80 4,93 1,59 80121 39,43 4,23 46,83 9,52 1,42 80131 69,67 10,44 15,16 4,72 2,54 80211 10,34 71,51 7,96 10,20 1,08 El mejor resultado se consigue en la cuestión: 80131: Ventajas y desventajas para la sociedad como criterio en la decisión de utilizar una tecnología. Las tres respuestas preferidas son adecuadas (en conjunto más de dos tercios). La primera (cerca de un tercio) afirma que la decisión depende de más cosas que las posibles ventajas o desventajas sociales, hay que tener en cuenta también los aspectos técnicos y económicos. La segunda (más de un cuarto) manifiesta una posición ecléctica: en unos casos sí y en otros no, dependiendo de otras consideraciones. La tercera (16,0%) incide en los intereses económicos y de poder más que en las ventajas sociales. El peor está en la cuestión: 80211: Control del desarrollo tecnológico por parte de los ciudadanos. Las dos opciones más escogidas (más de la mitad) son plausibles. La primera (más de un cuarto), destaca la dificultad de los ciudadanos para implicarse en el control porque la tecnología avanza muy rápidamente y no es fácil estar al corriente de su desarrollo. La segunda (casi un cuarto) cree, en cambio, que sí puede ser controlado, porque la tecnología está al servicio de las personas. La respuesta considerada más adecuada, que destaca la dificultad del control porque los que tienen la posibilidad de desarrollar tecnologías tratan de evitarlo, es muy poco elegida. Dimensión 9: Naturaleza de la ciencia. De las 20 cuestiones de esta dimensión, la opción preferida es adecuada 13 veces, plausible en 4 ocasiones e ingenua en 3. La frecuencia de frases más elegidas (31) es más de la mitad adecuadas (16), más de un cuarto plausibles (9) y casi un quinto ingenuas (6). En total, los resultados de esta dimensión son relativamente aceptables, pero también es una de las que tiene una puntuación media más baja, lo que es un indicador poco satisfactorio de la situación. Tabla 9 Porcentajes de respuestas y puntuaciones de los alumnos distribuidas por categorías para la dimensión 9 (Naturaleza de la ciencia). Categorías de respuestas Cuestiones % Adecuadas % Plausibles % Ingenuas % Otras PALU 90111\*\* 31,15 - 58,04 10,81 1,09 90211 20,24 38,81 26,48 14,46 1,04 90311 70,79 8,96 11,13 9,12 2,57 90411 44,09 13,33 33,64 8,94 1,68 90511\*\* 12,86 - 70,71 16,43 0,45 90521 46,70 9,96 37,87 5,47 1,73 90531 23,86 42,61 15,48 18,04 1,26 90541 29,89 48,10 17,30 4,70 1,53 90611 4,98 44,32 39,81 10,89 0,62 90621 36,02 26,90 24,92 12,16 1,53 90631 64,14 5,00 25,00 5,86 2,30 90641 15,13 26,05 44,82 14,01 0,79 90651 55,48 34,57 7,97 1,99 2,29 90711 54,56 22,04 20,36 3,04 2,13 90721 52,02 20,81 19,72 7,45 2,03 90811 59,88 12,40 11,03 16,69 2,22 90921\* - 41,20 49,21 9,59 0,41 91011 26,99 15,48 49,01 8,52 1,10 91111 15,00 15,29 55,57 14,14 0,68 91121 29,19 45,62 13,96 12,14 1,48 (\*) No hay opciones adecuadas

en el COCTS (\*\*). No hay opciones plausibles en el COCTS. En esta dimensión los resultados de las respuestas a las cuestiones, los cuales se exponen en la tabla 9, están bastante polarizados. Exceptuando la pregunta 90921, en la que no hay opciones adecuadas, y las cuestiones 90111 y 90511, sin opciones plausibles, se verifica que: Los mejores resultados se logran en las cuestiones: 90311: Naturaleza de los sistemas de clasificación científicos. Las opciones preferidas son adecuadas y, en conjunto, superan más de dos tercios de las respuestas. La más elegida (menos de un tercio) sustenta que hay más de una manera de clasificar y los científicos lo hacen de acuerdo con sus teorías o percepciones. La siguiente (más de un quinto) también mantiene que hay más de una forma de clasificar, pero los científicos pueden acordar algún esquema común para evitar confusiones. La tercera (menos de un quinto) atribuye la variedad de clasificaciones a los propios cambios de la ciencia. Las actitudes instrumentalistas de las posiciones de los estudiantes en esta cuestión contrastan fuertemente con las actitudes realistas de otra referente a la naturaleza de los modelos científicos (90211). 90631: Lógica de las investigaciones científicas. Las preferidas son dos opciones adecuadas (en torno a dos tercios entre ambas). La primera (un tercio) sostiene que habitualmente los descubrimientos científicos resultan de una secuencia lógica de investigaciones, aunque a veces también hay algo de ensayo y error. La segunda (menos de un tercio) mantiene que, si bien la mayor parte de los descubrimientos científicos responden a una serie lógica de investigaciones, algunos son casuales (serendipity). En suma, para la mayoría de los estudiantes las investigaciones científicas consisten en un proceso lógico, aunque se reconocen ciertas excepciones (descubrimientos por ensayo y error, por azar o serendipia, etc.) 90651: Errores en la investigación científica. Más de la mitad de las respuestas se asignan a la opción adecuada que señala que existen algunos errores que retrasan el avance científico, pero hay otros que no lo hacen, sobre todo si los científicos aprenden de ellos y los corrigen. La segunda opción más elegida (aproximadamente un cuarto) es plausible: los errores ayudan porque la ciencia avanza detectando y corrigiendo los errores del pasado. En resumen, la percepción del papel de los errores en la investigación es sobre todo dual: a la vez fuente de retraso y de progreso científico. 90811: Interpretación de los datos y control de variables. Las dos opciones preferidas (casi tres quintos entre ambas) son adecuadas, en particular la primera (menos de dos quintos) que implica un buen conocimiento de los posibles efectos de la actuación de dos o más variables, con causalidad indirecta de los factores. 90711: Seguridad en las predicciones científicas. La opción más escogida (más de dos quintos) es adecuada. Sostiene ésta que las predicciones científicas nunca son seguras del todo porque siempre hay errores e imprevistos. En cambio, la siguiente (un quinto) es ingenua; afirma que son seguras si se dispone de conocimiento exacto y suficiente información. La tercera más seleccionada (16,7%) es plausible: las predicciones pueden cambiar porque cambian los conocimientos científicos. 90721: Otra versión de la seguridad en las predicciones científicas. La elección de la mayoría (más de la mitad) es adecuada: las predicciones nunca son totalmente seguras porque siempre hay sucesos imprevistos o

desconocidos. Le sigue (un quinto) una plausible que atribuye la inseguridad a que hay errores humanos o en las medidas. Esta cuestión y la anterior (90711) revelan la creencia mayoritaria de que la presencia de imprevistos no permite hacer previsiones científicas seguras. Por el contrario, los peores resultados corresponden a las cuestiones: 90611: Significado del método científico. La opción preferida por la mayoría (en torno a dos quintos) es plausible: plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones. Entre las siete opciones ingenuas llegan a casi otros dos quintos, mientras que muy pocos eligen la respuesta más adecuada, que sostiene pragmáticamente que no existe un único método científico, sino que es más bien todo lo que los científicos hacen. 91111: Interpretación de un concepto desde diferentes campos de investigación. Menos de tres quintos de las respuestas eligen opciones defendiendo que la interpretación es bastante fácil, mientras que menos de un tercio consideran que es difícil. La preferida (menos de un tercio) es ingenua: es fácil porque los hechos son independientes del campo científico que se trate. Así pues, la posición dominante desconoce los posibles problemas de comunicación derivados de la inconmensurabilidad semántica. 90641: Informes de investigación: ciencia pública y ciencia privada. Las repuestas están aquí bastante dispersas, lo que apunta al desconocimiento del tema: los estudiantes no diferencian el estilo de escribir un informe científico con el trabajo real o, de otra manera, tienen dificultades para distinguir entre ciencia privada (contexto de descubrimiento) y ciencia pública (contexto de justificación). La opción más seleccionada (un quinto) es plausible: los científicos publican sus resultados, pero ocultan cómo llegaron a ellos realmente. Las opciones ingenuas que sostienen que los artículos científicos se escriben casi siempre mostrando realmente cómo se hizo el trabajo, excepto cuando se hacen por casualidad, superan los dos quintos de respuestas. 90211: Naturaleza de los modelos científicos. La opción más elegida (un tercio) es plausible: los modelos científicos son muy aproximadamente copias de la realidad porque se basan en observaciones científicas e investigación. La siguiente (15,7%), ingenua, afirma que son copias de la realidad porque pretenden mostrarnos la realidad o parte de ella. Los resultados de esta cuestión contrastan fuertemente con los de otra (90311), porque aquí las posiciones realistas ingenuas llegan aproximadamente a dos tercios, mientras que las contrarias alcanzan un quinto. A las que quizás habría que añadir, porque es muy bajo el porcentaje de respuestas adecuadas pese a que no había opciones plausibles, la cuestión: 90511: Significados y relaciones entre hipótesis, teorías y leyes. Aquí las dos opciones preferidas son ingenuas (más de dos quintos entre ambas). La primera (menos de un tercio) establece una jerarquía ascendente, según la cual una hipótesis suficientemente probada se convierte en teoría y ésta, cuando ha sido probada con éxito y se maneja durante mucho tiempo pasa a ser una ley. La segunda (más de un quinto) es similar en el orden jerárquico, aunque con algunos matices diferenciadores en las exigencias. En definitiva, los estudiantes no distinguen bien entre hipótesis, teorías y leyes y su diferente papel en la investigación científica. Conclusiones e implicaciones Los resultados expuestos deben ser contextualizados con

dos referentes importantes: la naturaleza dialécticamente elusiva y controvertida de muchas cuestiones CTS, ligada a los valores implicados en ellas, y la ausencia de tratamiento explícito de la gran mayoría de estos temas en los currículos escolares oficiales de nuestro país. Como consecuencia del primer referente, la evaluación de estas actitudes viene marcada por la realidad dialécticamente controvertida que se ha señalado; por tanto, las valoraciones realizadas nunca son definitivas y deben tomarse sólo como orientaciones. Respecto al segundo, los estudiantes de la muestra no han recibido, generalmente, una educación específica sobre CTS porque no se contempla suficientemente en los planes de estudio vigentes(1). Las creencias y actitudes de casi todos los estudiantes no se han configurado, pues, a partir de un currículo escolar formal que aborde directa y explícitamente estos temas, quedando su formación en manos del currículo escolar sin planificar, oculto o implícito (creencias del profesor implícitamente transmitidas en las diferentes actividades de aula y laboratorio, las que transmiten los libros de texto y otros materiales curriculares al uso, etc.) y, sobre todo, de la educación informal que proporcionan los diferentes medios de comunicación de masas, las lecturas, el cine, los museos y exposiciones de ciencia y tecnología, etc. La introducción de los indicadores y criterios de calidad utilizados en este trabajo para el análisis de las respuestas del alumnado pone de manifiesto un perfil menos negativo de sus actitudes y creencias CTS del que habitualmente suele informarse. Como se sabe, la evaluación no debe resaltar solamente las insuficiencias y limitaciones, sino también los aspectos más o menos positivos, aunque sean de sentido común y deban ser mejorados, porque sobre ellos quizás pueden construirse mejor las actitudes, a partir de la reflexión del alumnado para tratar de superar las insuficiencias e inconsistencias (puntos de vista claramente contradictorios e incoherentes sobre un mismo tema) que también se han encontrado en este estudio y cuya interpretación se explica brevemente a continuación. En el ámbito de la medida de actitudes, es frecuente que en una persona aparezcan creencias opuestas sobre el mismo tema (Breckler, 1994), lo que es una manifestación de la diversidad intraindividual, un concepto que se superpone al de diversidad interindividual (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001). La presencia simultánea de estas actitudes se debe a su carácter implícito o latente, sobre todo cuando se refieren a determinados aspectos en los que se han tenido menos ocasiones para formarse, como ocurre en muchas de las cuestiones del COCTS. Bajo la apariencia de adecuación parcial, la inconsistencia puede estar encubriendo falta de validez, consolidación y fundamento de las creencias y actitudes. El ejemplo más notorio de este rasgo es el de las respuestas dadas en las dos cuestiones que plantean la controversia entre el realismo ingenuo y el instrumentalismo (pragmatismo), una referida a los modelos científicos (90211) y otra a los sistemas científicos de clasificación (90311). Mientras que en la primera el punto de vista dominante es realista ingenuo, en la segunda resulta pragmático (instrumentalista). La importancia de todo esto va más allá de la simple valoración de las creencias y actitudes de los estudiantes como adecuadas o inadecuadas, porque éstas pueden aparecer con diferente sentido en función del contexto en que se elicitan, lo que

está revelando escasa formación y consolidación, aunque a la vez también está probando indirectamente el efecto clarificador que puede tener la reflexión y, por tanto, su función en el aprendizaje y el desarrollo de las personas. De este trabajo pueden extraerse diversas implicaciones, tanto para la investigación relacionada con la evaluación de las creencias y actitudes CTS como para la propia educación CTS del alumnado. Respecto a la investigación en sí misma, la metodología seguida supone un avance respecto a estudios precedentes. Aunque los datos sobre las actitudes y creencias CTS del alumnado se han obtenido siguiendo un modelo de respuesta única, la clasificación de las opciones se ha basado en la baremación previa por un panel de jueces expertos, realizada de acuerdo con un modelo de respuesta múltiple, que es mucho más completo (Acevedo et al., 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000). Sin embargo, todavía es posible mejorar el procedimiento y la propia calidad de la investigación si los alumnos evaluados contestaran siguiendo también un modelo de respuesta múltiple, lo que permitiría ampliar la información recogida y profundizar más en el estudio de sus creencias y actitudes. Además, también hay que referirse a las características de la muestra seleccionada. El análisis de las actitudes en asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología suele emplear casi siempre muestras de estudiantes de ciencias porque se trata de cuestiones que afectan directamente a la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, esta forma de proceder tiene una validez general limitada, ya que el efecto de homogeneización muestral puede sesgar los resultados. Por su inserción en la sociedad y constituir una porción sustancial del patrimonio cultural de la humanidad, el interés por la ciencia y la tecnología debería ser más general y extenderse a todas las personas; por tanto, no son sólo los estudiantes de ciencias quienes deben ser encuestados o entrevistados, sino todo el alumnado, ya que en el futuro tendrán una importante responsabilidad cívica como ciudadanos en la toma de decisiones sobre asuntos de la ciencia y la tecnología de interés social. Por tanto, las muestras de estudiantes deben incluir personas con educación científica y sin ella (o con poca), para que las actitudes y creencias obtenidas puedan resultar representativas de la población general, como en el caso de este trabajo. Por su carácter diagnóstico, los resultados de la evaluación de las creencias y actitudes CTS del alumnado mostrados en este trabajo tienen una transcendencia didáctica evidente, ya que pueden utilizarse y aplicarse directamente en el aula desde planteamientos constructivistas de la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Por un lado, el profesorado puede utilizarlos como guía para la evaluación inicial de sus alumnos. Así mismo, los resultados obtenidos en las diversas dimensiones permiten detectar aquellas áreas que deberían tratarse explícitamente con más ahínco en los cursos de ciencias que contemplan el objetivo de mejorar los conocimientos y actitudes CTS, en los que, sin duda, hay que dar oportunidades para trabajar sobre estas cuestiones, ya que una educación exclusivamente implícita no va a permitir conseguirlo (Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 1998), pese a la influencia que tienen los mensajes implícitos en el aprendizaje de estos temas (Moss, Abrams y Robb, 2001; Ryder y Leach, 1999). Un ejemplo notorio es el de la comprensión más

adecuada de la naturaleza del conocimiento científico (AAAS, 1993; Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Lederman, 1992; Monk y Osborne, 1997), que es una dimensión CTS muy importante, aunque también hay otras áreas en las que el alumnado presenta notables limitaciones. Por otro lado, enlazando con esto, las cuestiones del COCTS pueden servir también como instrumento de desarrollo curricular elemental y aprendizaje CTS en el aula; por ejemplo, pueden usarse como base de actividades de trabajo, discusión e intercambio de ideas, para debatir sobre el significado y las implicaciones de todas las alternativas de respuesta que se proponen en cada una de ellas (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, 1999). Desde la perspectiva de la educación CTS, será necesario planificar y desarrollar una enseñanza de las ciencias más acorde con los objetivos del movimiento CTS, capaz de favorecer en los estudiantes mejores actitudes respecto a los valores de la ciencia y la tecnología. Un objetivo que, además, es importante para la orientación de una educación en la ciencia con interés y relevancia desde la perspectiva de la alfabetización científica y tecnológica para toda la ciudadanía. En tal caso, se requieren currículos expresamente preparados para ello, basados en una cultura científica no encerrada en sí misma, sino abierta a otras disciplinas como la historia, filosofía, sociología y psicología de la ciencia (Carson, 1997), que constituyen buena parte del fundamento CTS; currículos que incluyan todas esas cosas sobre cuya enseñanza existe cada vez más acuerdo, pero que siguen estando ausentes de las programaciones y continúan sin ser enseñadas (Campanario, 1999). Sin embargo, estos conocimientos suelen ser complejos, elusivos, dialécticos y cambiantes, en los que el consenso suele ser limitado porque aún existen bastantes controversias y desacuerdos (Alters, 1997; Eflin, Glennan y Reisch, 1999). Por tal motivo, las propuestas de contenidos y métodos deberían apostar más por objetivos relativamente modestos (Matthews, 1998), evitando la excesiva abstracción y el tratamiento de cuestiones demasiado académicas y teóricas, que no favorecen precisamente la conexión y las consecuencias para la vida cotidiana de los estudiantes. De la misma manera que la finalidad de la enseñanza de las ciencias, especialmente en los niveles básicos y obligatorios, no debe reducirse exclusivamente a preparar a los estudiantes para llegar a ser científicos, la finalidad de los programas innovadores CTS no debe pretender formar historiadores, filósofos o sociólogos de la ciencia competentes, sino solamente contribuir a hacerles comprender mejor cómo funcionan la ciencia y la tecnología en el mundo actual. Por último, dada su naturaleza dialéctica y axiológica, impregnada de contenidos actitudinales y valores, la educación CTS no debería caer en el adoctrinamiento, esto es, en buscar la adhesión de los estudiantes hacia una u otra posición particular (p.ej., la del profesor). De lo que se trata es de presentar diversas perspectivas, animándoles a interesarse por las diferentes formas que hay de concebir la ciencia y la tecnología para así llegar a comprenderlas mejor, valorarlas críticamente y, muy especialmente, adquirir la idea clave de que, como en la propia ciencia, las conceptualizaciones también cambian en este terreno (Acevedo, 2000a). Esto debería excluir enfoques educativos reduccionistas, centrados en el estudio de una sola corriente de pensamiento como paradigma o panacea

de los planteamientos sociales de la ciencia y la tecnología (Vázquez et al., 2001); por el contrario, hay que presentar siempre una pluralidad de autores o planteamientos, con una profundidad y extensión que esté de acuerdo con las capacidades y el nivel evolutivo de los estudiantes.

Referencias bibliográficas AAAS (AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE) (1993). Benchmark for Science Literacy: A project 2061 report. New York: Oxford University Press. ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.L. y LEDERMAN, N.G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436. ACEVEDO, J.A. (2000a). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16. ACEVEDO, J.A. (2000b). Evaluación de creencias sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad en Educación. Conferencia impartida en las I Jornadas Universitarias de Nerva: Ciencia, Tecnología y Humanismo en la Sociedad Actual. Concejalía de Educación del Excelentísimo Ayuntamiento de Nerva y Universidad de Huelva. . ACEVEDO, J.A. (2001). Una breve revisión de las creencias CTS de los estudiantes. Sala de Lecturas CTS+I de la OEI. . ACEVEDO, J.A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica De los Lectores (4-6-2001). . ALTERS, B.J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55. BELL, R.L., LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK F. (1998). Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction: An Explicit Response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1057- 1061. BRECKLER, S.J. (1994). A comparison of numerical indexes for measuring attitude ambivalence. *Educational and Psychological Measurement*, 54, 350-365. CAMPANARIO, J.M. (1999). La ciencia que no enseñamos. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 397- 410. CARSON, R.E. (1997). Why science education alone is not enough. *Interchange*, 28, 109-120. EFLIN, J. T., GLENNAN, S. y REISCH, R. (1999). The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107-116. FRASER, B.J. y TOBIN, K.G., Eds. (1998). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. GIL, D., V. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. *Obstáculos y propuestas de actuación. Investigación en la Escuela*, 43, 27-37. HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G. y RIQUARTS, K. (1988) . Discussions over STS at the Fourth IOSTE Symposium. *International Journal of Science Education*, 10(4), 357-366. 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. MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (1998). *Opinions sobre Ciència, Tecnologia i Societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, Govern Balear. 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. MATTHEWS, M.R. (1998). In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 417-

174. MONK, M. y OSBORNE, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81, 405-424. MOSS, D.M., ABRAMS, E.D. y ROBB, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23(8), 771-790. RUBBA P.A., SCHONEWEG, C. y HARKNESS, W.L. (1996). A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument. *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400. RYDER, J. y LEACH, J. (1999). University science students' experiences of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education*, 21, 945-946. SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G., Eds. (1994). *STS education: International perspectives on reform*. Nueva York: Teachers College Press. VÁZQUEZ, A. (1999). Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento ciencia-tecnología-sociedad. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears*, 8, 25-35. VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MANASSERO, M.A. (2000). Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS. En I. P. Martins (Coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais*, pp. 219-230. Aveiro: Universidade de Aveiro. Versión electrónica, corregida y actualizada en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI. , 2001. VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MANASSERO, M.A. (2001). Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, n extra (VI Congreso). VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4. VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1997). Actitudes y valores relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad en alumnado y profesorado. Implicaciones para la educación de las actitudes. Memoria final de investigación. MEC/CIDE: Madrid. VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (1998). Actituds de l'alumnat relacionades amb la ciència, la tecnologia y la societat. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports. 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. Nota: (1) Las perspectivas futuras son peores como consecuencia del lamentable retroceso que se ha producido recientemente con la desaparición de los temas CTS de las materias de ciencias experimentales de Bachillerato, fruto de la denominada "Reforma de las Humanidades" (Real Decreto 3474/2001 del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte). Consideran quizás los legisladores ministeriales españoles que hay que separar radicalmente las dos culturas señaladas antaño por Snow?

--	--