

Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad

Ángel Vázquez-Alonso,¹ M^a Antonia Manassero-Mas,²
José Antonio Acevedo-Díaz³ y Pilar Acevedo-Romero⁴

Resumen

La naturaleza de la ciencia constituye un contenido innovador y central del currículo de la educación científica orientado hacia la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas. Su inclusión en el currículo de ciencias es problemática por su complejidad y novedad, de modo que la decisión sobre sus principales rasgos y contenidos requiere una base sólida. En este artículo se muestran los consensos relativos a las relaciones entre la sociedad y la ciencia y la tecnología, que han sido construidos con una metodología empírica basada en la valoración de las cuestiones del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) por un panel de 16 jueces expertos. Se exponen los consensos alcanzados en creencias concretas del tema abordado, tanto las que se consideran adecuadas como las ingenuas. Las creencias consensuadas podrían considerarse contenidos curriculares de NdC. Por último, se discuten las implicaciones para la educación científica.

Palabras clave: Naturaleza de la ciencia, relaciones entre la sociedad, la ciencia y la tecnología, creencias consensuadas, Cuestionario de Opiniones CTS, investigación empírica.

Summary

The scientific and technological literacy for all paradigm in science education acknowledges the nature of science as an innovative approach to and a central part of the science education curriculum. However, the inclusion of the nature of science in the curriculum is problematic, because it is a complex and unknown content for teachers, so the choice of the most appropriate features and contents for the curriculum is far from easy and requires some sort of agreements to overcome the wide array of drawbacks. This paper shows some consensuses on the external sociology of science, a

specific issue of the nature of science that involves the relationships between society, science, and technology. The consensuses are reached through an empirical methodology, which is carried out by a panel of 16 experts acting as judges who assessed the items of the Questionnaire of Opinions on Science, Technology and Society (COCTS). This paper presents those specific beliefs where the judges achieved a high level agreement, which involve both appropriate and naïve beliefs on the issue. These findings could be considered as consensual curricular contents for the nature of science issues and its implications for science education are finally discussed.

Keywords: Nature of science, Relationships among society, science and technology, consensual beliefs, Questionnaire of Opinions on STS, empiric investigation.

Introducción

Aunque a veces se tiende a interpretar la naturaleza de la ciencia (NdC en adelante) en un sentido reducido a la epistemología de la ciencia, el título de este artículo sugiere una concepción más amplia que incluye las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico. El concepto de NdC engloba una variedad de aspectos sobre qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que usa para validar este conocimiento, los valores implicados en las actividades científicas, la naturaleza de la comunidad científica, los vínculos con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y, viceversa, es decir, las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad. Este estudio analiza los consensos potenciales entre los especialistas respecto a estas dos últimas cuestiones.

La importancia de la NdC en la educación científica parece estar clara actualmente en el marco de la didáctica de las ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell *et al.*, 2001), pero aún no lo están tanto los medios para lograr sus propios objetivos de enseñanza (Bell, 2005). Frente a la creencia según la cual basta una enseñanza implícita de la NdC a través del uso de los métodos y procedimientos de la ciencia, la necesidad de una enseñanza explícita de la NdC en el currículo de ciencias suscita un acuerdo cada vez más amplio, tanto entre los investigadores de didáctica de la ciencia como en los diseños de los currículos renovados de la educación científica (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell *et al.*, 2001; Duschl, 2000; McComas y Olson, 1998). Las

¹ Facultad de Educación. Universidad de las Islas Baleares.

Correo electrónico: angel.vazquez@uib.es

² Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares.

Correo electrónico: ma.manassero@uib.es

³ Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva.

Correo electrónico: ja_acevedo@vodafone.es

⁴ IES "Fray Diego Tadeo González", Ciudad Rodrigo (Salamanca).

Correo electrónico: pi_acevedo@yahoo.es

cuestiones de NdC constituyen hoy uno de los elementos centrales e innovadores de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas y, por ende, se configuran como un aspecto esencial del currículo de ciencias que inspira la educación científica del presente (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Matthews, 1998a; Ziman, 2000). La complejidad del concepto de NdC, como metaconocimiento multidisciplinar que surge de las reflexiones de filósofos, sociólogos e historiadores de la ciencia, científicos, profesores y expertos en didáctica de las ciencias, se ha discutido con mayor profundidad en una publicación previa (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007b). Las controversias y debates entre estos especialistas son el origen de una de las grandes dificultades para la inclusión de contenidos de NdC en la educación científica; esto es, la falta de acuerdo para definir las creencias que tienen suficiente consenso para ser enseñadas en el currículo de ciencias como contenidos más adecuados de NdC (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001).

Respecto a la dificultad de la NdC para convertirse en contenido curricular de la educación científica debido a las controversias existentes, la bibliografía muestra dos corrientes de opinión opuestas. La primera es una posición de disenso que sostiene que no es factible alcanzar acuerdos básicos respecto a los temas de NdC (Alters, 1997a,b). La segunda, hoy día mayoritaria, es una posición de consenso que defiende la posibilidad de conseguir acuerdos básicos sobre NdC (Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004), a pesar de su complejidad y de los desacuerdos que aún hay en ciertos temas. En esta segunda línea, la búsqueda del consenso se ha centrado en identificar los aspectos de NdC que se consideran adecuados, es decir, que constituyen una descripción más apropiada de la NdC (Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Felske, Chiappetta y Kemper, 2001; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998; Osborne *et al.*, 2003; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996; Smith *et al.*, 1997; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2004, 2005), así como en los aspectos que se consideran mitos (McComas, 1996, 1998), visiones deformadas (Fernández *et al.*, 2002, 2003; Fernández, Gil-Pérez, Valdés y Vilches, 2005) o creencias ingenuas sobre NdC (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005b; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006). Puesto que este asunto ya ha sido expuesto con suficiente amplitud en otro artículo que establece los fundamentos de esta investigación empírica, no nos extenderemos más en él (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007b).

Aunque algunos especialistas en didáctica de las ciencias reducen la NdC a los aspectos puramente epistemológicos,

la propia complejidad de las cuestiones epistemológicas conducen a menudo a consideraciones sociológicas. La ciencia es una empresa humana, tal vez un poco especial por los objetivos de conocimiento que persigue y por la forma como lo hace, pero también semejante a tantas otras, debido a la condición humana de sus protagonistas, sujetos a los avatares históricos y sociales de todas las empresas humanas. Aunque la visión neutral de la ciencia y el exceso de celo objetivista de los enfoques positivistas han intentado ocultar los aspectos sociales presentes en la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia se ha encargado de sacarlos a la luz con contundencia, de modo que hoy nadie duda de la influencia mutua entre la sociedad y el sistema tecnocientífico (Fox-Keller, 1996; Gilbert y Mulkay, 1984; Knorr-Cetina, 1981; Lamo, González y Torres 1994; Latour, 1987; Latour y Woolgar, 1979; Rubén, 1992-93; Woolgar, 1988).

Algunos autores (Aikenhead, 1994) sostienen que la sociedad mantiene con la ciencia y la tecnología (CyT en adelante) un contrato social, más o menos implícito, que establece la pauta de estas relaciones: la sociedad financia económicamente las necesidades de la CyT y éstas retornan a la sociedad beneficios que mejoran la calidad de vida y contribuyen a su progreso y desarrollo económico y social. Por ello, la CyT han alcanzado en las sociedades avanzadas actuales una relevancia tan grande que han desarrollado un universo de relaciones y vínculos entre ambas, lo que ha desembocado en una nueva construcción social, denominada tecnociencia, como el epítome de la integración de investigación, desarrollo e innovación (Fourez, 1994; Queraltó, 1993; Sánchez-Ron, 1992).

Desde un punto de vista educativo, el argumento democrático es un elemento sustancial a favor de la inclusión de la NdC en una educación científica que persiga la finalidad de la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas, pues, según los expertos, la participación ciudadana en las decisiones tecnocientíficas de interés social requiere la comprensión de elementos de NdC (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996). En relación con este asunto, la investigación didáctica muestra un panorama complejo donde confluyen los conocimientos científicos de los temas puestos en juego y de NdC, el razonamiento moral (valores y normas), las emociones y sentimientos, y las creencias culturales, sociales, religiosas y políticas, aspectos que están implicados de alguna forma en las relaciones entre la sociedad y la CyT (Acevedo, 2006b; Acevedo *et al.*, 2004; Acevedo, Vázquez, Martín-Gordillo *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez, Oliva *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005; Kolstø, 2001; Sadler, 2004).

De acuerdo con la posición de consenso indicada, en este artículo se mostrarán los consensos conseguidos en una investigación empírica con jueces respecto a cuestiones de

NdC correspondientes a las relaciones entre la sociedad y la CyT. Estos acuerdos se extienden tanto a las creencias de NdC adecuadas como a las inadecuadas, las cuales tienen gran importancia por su carácter de creencias alternativas.

Metodología

En esta sección se indican brevemente los principales aspectos metodológicos de la investigación realizada, que han sido expuestos con más detalle en un trabajo previo (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007b).

El método elegido para establecer los posibles acuerdos sobre NdC se basa en recoger las valoraciones de un panel de 16 jueces expertos a una encuesta directa de cuestiones de NdC. La variedad de antecedentes profesionales de los jueces expertos garantiza una diversidad de puntos de vista respecto a la temática planteada. Los 16 jueces cumplen la condición de compartir en mayor o menor grado una cierta especialidad en NdC, junto con otra ocupación principal como asesores o formadores de profesores de ciencias (5), filósofos (4), investigadores en didáctica de las ciencias (4) y profesores de ciencias (3). La muestra está compuesta por 5 mujeres y 11 hombres. Cuatro jueces son licenciados en filosofía, uno de ellos también lo es a la vez en ciencias, mientras que los demás (12) son licenciados en ciencias (física, química, biología y geología). Los jueces ejercen

como profesores de secundaria (5), asesores de ciencias en centros de formación del profesorado (4) y profesores de universidad e investigadores (7). La mayoría (12) tienen una actividad investigadora reconocida en el ámbito de la didáctica de las ciencias o en la educación en Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS en adelante).

El instrumento empleado es el Cuestionario de Opiniones sobre CTS (COCTS), constituido por 100 cuestiones de opción múltiple (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003), en las que se plantean distintos asuntos que permiten reflejar creencias y actitudes sobre NdC desde una perspectiva CTS amplia que engloba diversas perspectivas temáticas. Todas las cuestiones tienen el mismo formato de elección múltiple, que se inicia con una cabecera de pocas líneas donde se plantea un problema, seguido de una lista de frases que ofrecen un abanico de diferentes respuestas razonadas al problema planteado (unas 6 frases de promedio por cuestión). Este estudio está dedicado a diversos aspectos de las relaciones entre la sociedad y la CyT, y comprende la aplicación de 42 cuestiones (264 frases) correspondientes a la dimensión del COCTS relacionada con la sociología externa de la ciencia y la tecnología, esto es, las relaciones entre la sociedad y el sistema tecnocientífico (tabla 1).

Los jueces valoraron la adecuación de cada una de las frases del COCTS, en el contexto de cada cuestión y desde

Tabla 1. Distribución de las cuestiones relativas a la sociología externa de la ciencia entre los temas y subtemas del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS).

SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA		
Temas	Subtemas	Cuestiones
Influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología	01. Gobierno	20111, 20121, 20131, 20141, 20151
	02. Industria	20211
	03. Ejército	20311, 20321
	04. Ética	20411
	05. Instituciones educativas	20511, 20521
	06. Grupos de interés especial	20611
	07. Influencia sobre científicos	20711
	08. Influencia general	20811, 20821
Influencia triádica	01. Interacción CTS	30111
Influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad	01. Responsabilidad social	40111, 40121, 40131, 40142, 40161
	02. Decisiones sociales	40211, 40221, 40231
	03. Problemas sociales	40311, 40321
	04. Resolución de problemas	40411, 40421, 40431, 40441, 40451
	05. Bienestar económico	40511, 40521, 40531
	06. Contribución al poderío militar	40611
	07. Contribución al pensamiento social	40711
	08. Influencia general	40811, 40821
Influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad	01. Unión dos culturas	50111
	02. Fortalecimiento social	50211
	03. Caracterización escolar de la ciencia	50311

la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia, utilizando para ello una escala de nueve puntos (1-9), cuyas puntuaciones tienen el significado que se indica en la tabla 2.

Las asignaciones de los jueces definen intervalos naturales de puntuaciones con un significado fijo en la escala. Estos intervalos de puntuaciones corresponden a distinto grado de acuerdo con las frases ingenuas en el rango 1 a 3, del mismo modo que las puntuaciones entre 4 y 6 lo indican para las frases plausibles y las puntuaciones entre 7 y 9 lo hacen para las frases adecuadas (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2000). La frase se considera adecuada si expresa una creencia apropiada desde la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia. Aunque no sea completamente adecuada, una frase es plausible cuando expresa algunos aspectos apropiados desde la perspectiva señalada anteriormente. Por último, una frase ingenua es la que expresa una creencia que no es ni apropiada ni plausible desde la perspectiva indicada.

Las puntuaciones directas otorgadas por cada juez a cada frase se corresponden biunívocamente con su carácter ingenuo (1, 2, 3), plausible (4, 5, 6) o adecuado (7, 8, 9), de modo que se pueden considerar como si fueran votos a favor de la categoría asociada a la puntuación emitida. Si una mayoría cualificada de dos tercios de los jueces (11 sobre 16) coincide asignando una puntuación de la categoría adecuada (7, 8 ó 9) a una frase, se interpreta que hay consenso respecto a que es una creencia adecuada o apropiada sobre NdC. Si la misma mayoría de dos tercios coincide dando una puntuación de la categoría ingenua (1, 2 o 3) a una frase, se considera que hay consenso respecto a que es una creencia inadecuada o ingenua sobre NdC.

Resultados

Las relaciones entre la sociedad y el sistema tecnocientífico se han planteado desde diferentes perspectivas que contemplan la influencia general y una serie de factores concretos, como son el gobierno, la industria, el ejército, las instituciones educativas, los grupos de presión, los principios éticos y lo personal (véase la tabla 1). En los próximos apartados se analizan las creencias adecuadas e ingenuas sobre estas

relaciones organizadas en cuatro apartados. En primer lugar, se expone la visión global de las relaciones entre los tres entes (sociedad, ciencia y tecnología), después se analizan las diversas influencias de la sociedad en la CyT y, a continuación, las distintas influencias de la CyT en la sociedad, para terminar exponiendo los consensos respecto a las creencias sobre la educación y las vocaciones científicas.

En conjunto, las 42 cuestiones analizadas, que contienen las 264 frases valoradas por los jueces, arrojan un resultado de 22 frases consensuadas como creencias adecuadas y 36 como ingenuas. Solamente hay un caso donde el consenso de los jueces es unánime; es decir, los 16 jueces coinciden en evaluar una frase en la misma categoría. Esta frase se relaciona con la contaminación ambiental (40161A) y ha sido valorada por unanimidad como ingenua:

40161 *La industria pesada ha contaminado enormemente los países industriales. Por tanto, es una decisión responsable trasladarla a los países no desarrollados, donde la contaminación no está tan extendida.*

A. La industria pesada debería ser trasladada a los países no desarrollados para salvar nuestro país y sus generaciones futuras de la contaminación.

En general, los consensos correspondientes a las frases ingenuas parecen más fáciles de conseguir por los jueces que los consensos en frases adecuadas; ninguna frase adecuada alcanza la unanimidad y sólo dos (40161D y 40451E) logran el consenso casi unánime (15 jueces), mientras que entre las frases ingenuas una alcanza la unanimidad y hasta 9 frases consiguen el consenso casi unánime (15 jueces).

Consensos correspondientes a la interacción general entre la sociedad y el sistema tecnocientífico

El modelo de la interacción entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (30111) tiene en cuenta las relaciones múltiples entre las tres entidades consideradas, las cuales se describen y presentan mediante diversos esquemas gráficos. Los resultados muestran el consenso en considerar adecuados dos diagramas que exhiben dos rasgos en común, como son la representación simultánea de todas las interacciones posibles entre los tres elementos citados (cada uno con los otros dos) y, además, con la interacción en ambos sentidos, esto es, desde la ciencia hacia la sociedad y viceversa, desde la

Tabla 2. Escala de valoración de cada frase del COCTS con la interpretación de su significado tal como se aplicó por los jueces.

← MENOS ADECUADAS						MÁS ADECUADAS →		
Ingenuas, inadecuadas			Plausibles, parcialmente aceptables			Adecuadas, apropiadas		
Totalmente ingenuas	Bastante ingenuas	Ingenuas	Poco plausibles	Plausibles	Bastante plausibles	Adecuadas	Bastante adecuadas	Totalmente adecuadas
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ciencia hacia la tecnología y viceversa, etc. En suma, se reconoce la interacción triádica y mutua entre ciencia, tecnología y sociedad y, también, que la influencia tiene lugar siempre en ambos sentidos como el modelo más adecuado para representar la interacción general CTS.

La diferencia entre los dos modelos triádicos consensuados es que en uno de ellos la flecha doble que representa la interacción mutua entre la ciencia y la tecnología es más ancha para indicar que es más intensa (figura 1). Al margen de este matiz diferencial, ambas representaciones de la interacción general CTS se consideran adecuadas.

Las creencias consensuadas ingenuas en la interacción múltiple vienen representadas por tres modelos lineales (figura 2). El primero concede preponderancia a la ciencia, que influye en la tecnología y ésta en la sociedad; en ese caso la ciencia no influye directamente sobre la sociedad, sino por medio de la tecnología. El segundo da prioridad a la tecnología, que influye en la ciencia y ésta, a su vez, en la sociedad; ahora es la tecnología la que no influye directamente en la sociedad, sino a través de la ciencia. En el tercer modelo, la ciencia y la tecnología no influyen en la sociedad, ni ésta sobre aquéllas, aunque la ciencia sí influye débilmente en la tecnología.

Dos cuestiones diferentes plantean por separado la influencia general de la sociedad sobre la ciencia (20821) y la tecnología (20811). La primera alcanza el consenso de los jueces, los cuales consideran adecuada la creencia que justifica el control de la sociedad sobre la ciencia mediante las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones científicas. Cabe destacar que en la otra cuestión correspondiente a la influencia general de la sociedad en la tecnología no se consigue consenso respecto a una creencia adecuada, aunque está muy próximo, pues sólo falta un voto para lograr la mayoría cualificada. En el

otro extremo, hay acuerdo en considerar ingenuas las dos creencias que sostienen que no es importante la influencia de la sociedad en la ciencia o en la tecnología.

Las dos cuestiones que plantean de modo general la influencia de la ciencia (40821) o de la tecnología (40811) en la sociedad, sólo consiguen un acuerdo mayoritario como creencia adecuada en el segundo caso: la sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología. En estas dos cuestiones también se logra el consenso en considerar como creencias ingenuas que estas influencias no son importantes. En el caso de la influencia general de la ciencia en la sociedad, el consenso alcanza a otra creencia ingenua, que establece que la ciencia solamente influye en las personas que manifiestan interés por la ciencia.

Consensos acerca de la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología

La influencia que ejerce la sociedad en el sistema tecnocientífico se transmite por medio de diversas instituciones que, por sus funciones, tienen una especial relación con la CyT (véase la tabla 1). Entre estas instituciones se encuentran el gobierno, el ejército, la industria, la economía, las instituciones educativas, las instituciones culturales, los grupos de presión con especial interés, etc. Se ha conseguido el consenso respecto a estos aspectos en dos creencias adecuadas y seis creencias ingenuas (tabla 4).

La influencia del gobierno en la ciencia a través del diseño de la política científica de un país se plantea en varias cuestiones. El gobierno es la institución social encargada de tomar decisiones respecto a la asignación de fondos públicos al sistema tecnocientífico (20111). La discusión sobre la pertinencia de invertir en CyT cuando existen otras necesidades sociales, básicas y perentorias (p.e., pobreza, desempleo, etcétera), que deberían ser las destinatarias preferentes

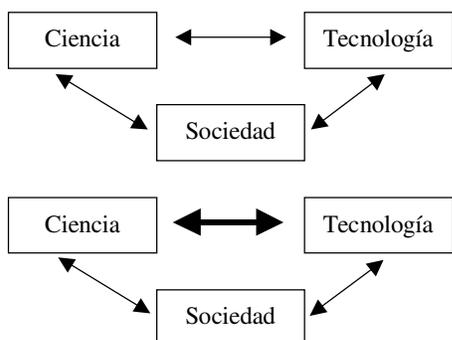


Figura 1. Esquemas gráficos correspondientes a las representaciones de dos creencias adecuadas relativas a las relaciones múltiples entre ciencia, tecnología y sociedad (cuestión 30111).

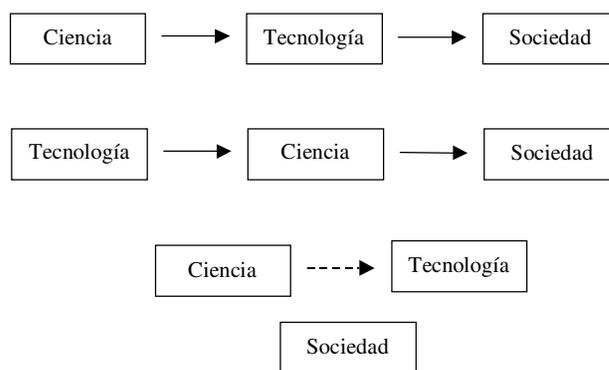


Figura 2. Esquemas gráficos correspondientes a las representaciones de tres creencias ingenuas relativas a las relaciones múltiples entre ciencia, tecnología y sociedad.

Tabla 3. Consensos sobre la interacción general entre la sociedad y el sistema tecnocientífico.

INTERACCIÓN GENERAL ENTRE LA SOCIEDAD Y EL SISTEMA TECNOCIENTÍFICO	
<i>Creencias adecuadas o apropiadas</i>	<i>Creencias ingenuas o inadecuadas</i>
30111 ¿Cuál de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad? Véanse los dos diagramas de la figura 1.	Véanse los tres diagramas de la figura 2.
20811 ¿La sociedad influye en la tecnología?	A. La sociedad no influye demasiado en la tecnología.
20821 ¿La sociedad influye en la ciencia?	A. La sociedad no influye demasiado en la ciencia.
F. La sociedad influye en la ciencia a través de las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.	
40811 ¿La tecnología influye sobre la sociedad?	A. La tecnología no influye demasiado en la sociedad.
F. La sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología.	
40821 ¿La ciencia influye sobre la sociedad?	A. La ciencia no influye demasiado en la sociedad. B. La ciencia influye directamente sólo en aquellas personas de la sociedad que tienen interés por la ciencia.

del presupuesto económico, constituye un debate social permanente y que a menudo adopta ribetes demagógicos. Una creencia consensuada como ingenua respecto a esta cuestión consiste en afirmar que, en tal caso, no debería gastarse dinero en investigación científica.

Puesto que la sociedad financia públicamente la CyT por medio del gobierno, parece lógico suponer que la política general de un país tiene incidencia directa sobre los científicos y el conocimiento científico, asunto planteado en dos cuestiones con textos ligeramente diferentes (20141 y 20151). Se ha conseguido el consenso respecto a una creencia ingenua relativa a este asunto, que niega esta influencia y sostiene a ultranza la impermeabilidad de los científicos y la investigación científica ante la política, lo que se justifica de diversas

maneras. En un caso, porque los científicos son personas aisladas de su sociedad, hasta el punto que incluso los medios de comunicación prestan escasa atención a la ciencia. En otro, por creer que la investigación científica no tiene que ver con la política y porque la propia naturaleza del trabajo de los científicos les hacen recelosos de ella. Por último, se utiliza ingenuamente un argumento democrático para justificar la independencia de los científicos respecto a la política, según el cual los científicos gozan de absoluta libertad para investigar lo que deseen en una sociedad democrática. Como creencia adecuada que ha logrado el consenso en este asunto, se considera que los gobiernos establecen la política científica de un país, lo que afecta a los proyectos que realizan los científicos. Formulado en negativo, este consenso podría

Tabla 4. Consensos sobre la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología

INFLUENCIA DE LA SOCIEDAD EN LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA	
<i>Creencias adecuadas o apropiadas</i>	<i>Creencias ingenuas o inadecuadas</i>
20111 El gobierno del país debería dar dinero a los científicos para investigar y explorar lo desconocido de la naturaleza y el Universo. Se debería gastar dinero en investigación científica:	F. Nada o poco dinero debería gastarse en investigación científica, porque podría gastarse en otras cosas, tales como ayudar a la gente en paro, los necesitados, o los países más pobres.
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: 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.	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.
20151 La política de nuestro país afecta a sus científicos ya que éstos son una parte de la sociedad del país (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad). Los científicos están afectados por la política de su país: B. Porque los gobiernos no sólo dan dinero para investigación; establecen la política científica teniendo en cuenta nuevas aplicaciones. Esta política afecta directamente al tipo de proyectos que los científicos realizarán.	Los científicos NO están afectados por la política de su país: E. porque la naturaleza del trabajo de un científico le previene de llegar a meterse en política. F. porque los científicos están aislados de su sociedad. Su trabajo no recibe atención de los medios de comunicación, excepto que hagan un descubrimiento espectacular. G. porque nuestro país es un país libre y, por tanto, los científicos pueden trabajar libremente.

afirmar que los científicos no trabajan aislados de la sociedad a la que pertenecen, una posición que está en contra del mito del aislamiento del científico en una torre de marfil. El hecho de que los jueces lleguen a un acuerdo acerca de la misma justificación en ambas cuestiones, que son algo distintas, podría ser un indicador de consistencia interna de las decisiones entre los jueces.

Consensos sobre la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad

La CyT han contribuido de manera muy importante a la configuración de las actuales sociedades desarrolladas, desde las grandes estructuras de comunicaciones, transportes, energía, alimentación, sanidad y bienestar social hasta los pequeños detalles de la vida doméstica y personal, tanto en los aspectos más positivos como en los más polémicos o negativos. En este apartado se analizan los consensos sobre las creencias adecuadas e ingenuas correspondientes a la influencia de la CyT en la sociedad en algunos aspectos concretos, tales como la responsabilidad social de los científicos, la toma de decisiones cívicas en asuntos sociocientíficos, los problemas que crean la CyT, así como la contribución de ambas a la resolución de problemas sociales, al bienestar económico, al poder militar o al pensamiento social y cultural.

El consenso logrado se extiende a 16 creencias ingenuas y 12 adecuadas sobre estas cuestiones (tabla 5). No se ha logrado consenso en creencias adecuadas relativas a temas relacionados con la influencia de la CyT en el ejército y el pensamiento social.

La responsabilidad de los científicos respecto a los efectos derivados de sus descubrimientos muestra sendos consensos en dos frases adecuadas correspondientes a dos cuestiones: (i) los científicos se preocupan por los efectos de sus descubrimientos, pero posiblemente no los conocen todos, en especial si son a largo plazo (40111), y (ii) los científicos son responsables de informar al público en general sobre sus descubrimientos de una manera inteligible, como un derecho de la ciudadanía (40131).

En cuanto a la responsabilidad que tienen los científicos respecto a proporcionar una información adecuada al público sobre sus descubrimientos (40131), se ha alcanzado el consenso como creencia ingenua en que los científicos no son responsables de dar esta información, porque los ciudadanos no tengan suficiente formación para comprenderla o no le importe. Cuando se sigue un daño de los descubrimientos científicos (40121), también se ha conseguido el consenso en la creencia ingenua que sostiene que los científicos no tienen responsabilidad porque las cuestiones morales están radicalmente separadas de la ciencia; de otra forma, cualquier descubrimiento sería aceptable sin consideración moral alguna.

La contaminación producida por las industrias (40161)

también es una cuestión que genera varios acuerdos, pues se consiguen en tres frases diferentes como adecuadas: (i) los efectos de la contaminación sobre la Tierra son globales, independientemente de donde se produzcan; (ii) trasladar la industria no es una forma responsable de resolver la contaminación, sino que ésta se debería reducir o eliminar en el mismo lugar donde se produce, y (iii) la contaminación debería ser limitada tanto como sea posible, pues trasladarla a otro sitio sólo extendería los daños. Asimismo, se ha consensado como creencia inadecuada la decisión de trasladar las industrias más contaminantes de los países industrializados a otros países con menos industria porque éstos están menos desarrollados.

Las sociedades democráticas desarrolladas se enfrentan con frecuencia a la toma de decisiones en cuestiones relacionadas con la CyT que les afectan (los asuntos tecnocientíficos de interés social). Uno de los centros de la polémica en torno a estos asuntos gira en torno a si las decisiones deben ser tomadas únicamente por los expertos (científicos y técnicos), porque tienen la preparación adecuada para entender a fondo estos temas (modelo tecnocrático), o por la sociedad haciendo uso de sus derechos y libertades democráticas, en particular, la libertad de información, opinión y participación (modelo participativo).

La toma de decisiones en cuestiones relacionadas con la CyT en diferentes ámbitos como el social (40211), el moral (40221) o el legal (40231), muestra diversos consensos en creencias adecuadas: (i) las decisiones en asuntos tecnocientíficos que conciernen a la sociedad deberían ser tomadas de manera compartida, teniendo en cuenta las opiniones de científicos, ingenieros, otros especialistas y ciudadanos informados; (ii) las decisiones morales corresponden a las personas y la CyT sólo pueden ayudar a tomar estas decisiones aportando información básica, y (iii) en algunos casos la CyT pueden ayudar a las personas a tomar decisiones legales (p.e., decidir si una persona es culpable o no en un tribunal de justicia), desarrollando formas de recoger pruebas y testificando sobre las pruebas físicas de un caso.

Se ha conseguido el consenso en considerar como una creencia ingenua el modelo tecnocrático, aunque se justifique por la especial preparación de los expertos o porque determinados grupos (burócratas, empresarios, etc.) puedan tener intereses creados en los asuntos tecnocientíficos sobre los que se decide (40211).

La cuestión relativa a la posibilidad de que la CyT puedan ayudar a definir la moralidad de algunas decisiones (40221) ha logrado el consenso en diversas creencias ingenuas. La primera considera que la ciencia incluye nuevas áreas, como la psicología, que podrían servir como fuente de autoridad en estos asuntos. La segunda presupone que la CyT pueden ayudar a tomar decisiones morales, lo que

Monografía "ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: PERSPECTIVAS IBEROAMERICANAS"

Tabla 5. Consensos sobre la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

INFLUENCIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD	
<i>Creencias adecuadas o apropiadas</i>	<i>Creencias ingenuas o inadecuadas</i>
40111 La mayoría de los científicos se preocupan de los posibles efectos posibles (tanto provechosos como perjudiciales) que pueden resultar de sus descubrimientos.	
D. Los científicos se preocupan, pero posiblemente no pueden saber todos los efectos a largo plazo de sus descubrimientos.	
40121 Los científicos deberían ser considerados responsables del daño que pueda resultar de sus descubrimientos.	
	Los científicos NO deberían ser considerados responsables: H. Porque una vez que se ha hecho un descubrimiento, otros deberían comprobar sus efectos. El trabajo del científico es sólo hacer descubrimientos. Las cuestiones morales y la ciencia están separadas.
40131 Los científicos deberían ser considerados responsables de informar sobre sus descubrimientos al público en general, de manera que el ciudadano medio pueda entenderlos.	
Los científicos deberían ser considerados responsables: C. Porque los ciudadanos tienen derecho a saber lo que ocurre en su país. Deberían conocer los descubrimientos para mejorar sus propias vidas tomando conciencia de los beneficios de la ciencia y para estar informado de todas las opciones responsables que puedan afectar a su futuro.	G. Los científicos NO deberían ser considerados responsables ya que, con frecuencia, a los ciudadanos no parece importarles. Los ciudadanos deben aprender suficiente ciencia como para entender los informes.
.40161 La industria pesada ha contaminado enormemente los países industriales. Por tanto, es una decisión responsable trasladarla a los países no desarrollados, donde la contaminación no está tan extendida.	
C. No es cuestión de dónde esté localizada la industria pesada. Los efectos de la contaminación son globales sobre la Tierra. La industria pesada NO debería trasladarse a los países no desarrollados: D. Porque trasladar la industria no es una forma responsable de resolver la contaminación. Se debería reducir o eliminar la contaminación aquí, en lugar de crear más problemas en cualquier otro lugar. F. Porque la contaminación debería ser limitada tanto como sea posible. Extenderla sólo crearía más daños.	A. La industria pesada debería ser trasladada a los países no desarrollados para salvar nuestro país y sus generaciones futuras de la contaminación.
40211 Los científicos e ingenieros deberían ser los únicos en decidir los asuntos científicos de nuestro país porque son las personas que mejor conocen estos asuntos, tales como por ejemplo, los tipos de energía cara al futuro (nuclear, hidráulica, solar, quemando carbón, etc.), los índices permitidos de contaminación del aire, el futuro de la biotecnología en nuestro país, técnicas aplicadas al feto, o sobre el desarme nuclear.	
D. La decisión debería ser tomada de manera compartida. Las opiniones de los científicos e ingenieros, otros especialistas y los ciudadanos informados deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad.	Los científicos e ingenieros son los que deberían decidir: A. Porque tienen la formación y los datos que les dan una mejor comprensión del tema. B. Porque tienen el conocimiento y pueden tomar mejores decisiones que los burócratas del gobierno o las empresas privadas, que tienen intereses creados.
40221 La ciencia y la tecnología pueden ayudar a la gente a tomar algunas decisiones morales (esto es, decidir como debe actuar una persona o un grupo respecto a otras personas).	
B. Dando información básica; pero las decisiones morales deben ser tomadas por las personas.	La ciencia y la tecnología pueden ayudar a tomar algunas decisiones morales: C. Porque la ciencia incluye áreas como la psicología, que estudia la mente y los sentimientos humanos. La ciencia y la tecnología NO pueden ayudar a tomar decisiones morales: D. Porque la ciencia y la tecnología no tienen nada que ver con decisiones morales; sólo descubren, explican e inventan cosas. Lo que las personas hacen con sus resultados no es asunto de los científicos. F. Porque si las decisiones morales se basaran en información científica, a menudo las decisiones conducirían al racismo, suponiendo que un grupo de gente es mejor que otro grupo.
40231 La ciencia y la tecnología NO pueden ayudar a las personas a tomar decisiones legales (por ejemplo, decidir si una persona es culpable o no en un tribunal de justicia).	
La ciencia y la tecnología puede ayudar en algunos casos: C. Desarrollando formas de recoger pruebas y testificando sobre las pruebas físicas de un caso.	

Continúa en la siguiente página →

Tabla 5. Consensos sobre la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad... (continúa)

INFLUENCIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD	
<i>Creencias adecuadas o apropiadas</i>	<i>Creencias ingenuas o inadecuadas</i>
40321 En nuestro país se debería gastar mucho más dinero en ciencia y tecnología aunque suponga quitar este dinero a otras cosas, tales como programas sociales, educación, incentivos a la empresa e impuestos más bajos. D. El dinero debería gastarse de una manera equilibrada como se hace hoy día. La ciencia y la tecnología son muy importantes pero no son las únicas cosas que necesitan dinero para progresar en nuestro país.	
40411 La ciencia y la tecnología son una gran ayuda para resolver problemas sociales como la pobreza, el crimen, el desempleo, la superpoblación, la contaminación o la amenaza de una guerra nuclear.	E. Es difícil ver cómo la ciencia y la tecnología pueden ayudar mucho a resolver esos problemas sociales. Los problemas sociales conciernen a la naturaleza humana; esos problemas no tienen nada que ver con la ciencia y la tecnología. F. La ciencia y la tecnología lo único que hacen es empeorar los problemas sociales. Son el precio que pagamos por los avances en ciencia y tecnología.
40431 Los científicos pueden resolver mejor cualquier problema práctico de la vida diaria (por ejemplo, lograr sacar el coche fuera de una zanja, cocinar o cuidar un animal) porque saben más ciencia.	A. Los científicos son mejores resolviendo cualquier problema práctico. Sus mentes lógicas habituadas a resolver problemas o su conocimiento especializado les dan ventajas. Los científicos no son mejores que otros: E. Los científicos son probablemente peores resolviendo cualquier problema práctico porque, habitualmente, trabajan en un mundo complejo y abstracto, muy alejado de la vida diaria.
40441 A pesar de su sabiduría y formación, los científicos y tecnólogos pueden ser engañados por lo que ven en la televisión o leen en los periódicos. Los científicos y tecnólogos PUEDEN SER engañados por los medios de comunicación: C. Porque simplemente también son humanos. Como cualesquiera otras personas, son influidos por los medios (excepto cuando el tema es de su especialidad).	Los científicos y tecnólogos PUEDEN SER engañados por los medios de comunicación: A. Porque son muy abiertos de mente y siempre aceptan las nuevas ideas.
40451 Tenemos que preocuparnos de los problemas de la contaminación que son insolubles hoy. La ciencia y la tecnología no tienen necesariamente que arreglar estos problemas en el futuro. La ciencia y la tecnología NO pueden arreglar tales problemas: E. La ciencia y la tecnología por sí solas no pueden arreglar los problemas de contaminación. Es responsabilidad de todos. Los ciudadanos deben insistir en que solucionar estos problemas debe tener una prioridad absoluta.	La ciencia y la tecnología NO pueden arreglar tales problemas: A. Porque son la causa de los problemas de contaminación. Más ciencia y tecnología traerán más problemas de contaminación.
40511 Cuanto más se desarrollen la ciencia y la tecnología en nuestro país más rico llegará a ser.	La ciencia y la tecnología aumentarán la riqueza de nuestro país: E. La ciencia y la tecnología disminuyen la riqueza del país porque cuesta gran cantidad de dinero desarrollarlas.
40531 Más tecnología mejorará el nivel de vida de nuestro país. E. Sí y no. Más tecnología haría la vida más agradable y más eficiente, PERO también causaría más contaminación, desempleo y otros problemas. El nivel de vida puede mejorar, pero la calidad de vida puede que no.	A. Sí, porque la tecnología siempre ha mejorado el nivel de vida y no hay razón para que no lo haga ahora.

se justifica por dos razones diferentes: (i) la CyT no tienen que ver con la moral, y (ii) la justificación científica de algunas decisiones morales podrían conducir al racismo.

La dicotomía entre inversión pública en CyT frente a la inversión en otras necesidades sociales da lugar al consenso en una creencia adecuada que propugna de manera ecléctica

un gasto equilibrado entre el progreso tenocientífico y los diversos programas sociales (40321).

La cuestión relacionada con la contribución de la CyT a la resolución de problemas sociales, tales como pobreza, crimen, desempleo, superpoblación, contaminación o guerra nuclear (40411) proporciona un consenso en dos creen-

cias ingenuas que se sitúan en polos opuestos. La primera sostiene que la CyT no tienen que ver con semejantes problemas. La segunda afirma que la CyT contribuyen activamente a crear y empeorar esos problemas, los cuales se contemplan como el precio que hay que pagar por el progreso tecnocientífico.

En cuanto a la contribución de la CyT a la resolución de problemas concretos de la vida diaria (40431) el consenso se extiende a dos creencias ingenuas que son completamente opuestas. Por un lado, se considera que los científicos solucionan mejor que otras personas los problemas prácticos cotidianos por estar habituados a resolver problemas en su trabajo. Por otro, que los científicos solucionan peor que otras personas estos problemas prácticos porque trabajan en asuntos alejados de la vida cotidiana.

La capacidad de la CyT para dar respuesta a diversos problemas sociales y mejorar el nivel de vida suele moverse entre posiciones científicas-tecnocráticas (fe ilimitada en el poder de la CyT) y anticientíficas (rechazo total de la CyT). El conjunto de acuerdos respecto a creencias adecuadas en estas cuestiones (40441, 40451 y 40531) se sitúa en una posición intermedia, en la que se opta por un punto de vista limitado de las posibilidades de la CyT, así como de los científicos y tecnólogos: (i) los científicos y tecnólogos también son humanos y pueden ser engañados por lo que ven en la televisión o leen en los periódicos, como cualquier otra persona (excepto cuando el tema es de su especialidad); (ii) la CyT por sí solas no pueden resolver los problemas de contaminación que son insolubles hoy en día, todos los ciudadanos son responsables de dar prioridad absoluta a este asunto, y (iii) el nivel de vida puede mejorar con más tecnología (haciéndolo más agradable y eficiente), pero la calidad de vida puede que no, pues también podría causar más contaminación, desempleo y otros problemas.

La capacidad de los científicos para afrontar la manipulación de la información de los medios de comunicación (40441) consigue el consenso en una creencia ingenua sobre la imagen de los científicos, basada en que pueden ser fácilmente engañados porque están muy abiertos a las nuevas ideas y son capaces de admitir y aceptar cualquier cosa novedosa.

El problema de la contaminación ambiental (40451) ha generado una profunda sensibilidad social y, a menudo, se asocia con el progreso científico y tecnológico experimentado en los últimos años. Respecto a este asunto, el consenso se alcanza en una creencia ingenua y radical que considera que la CyT no pueden solucionar este problema porque ellas son su causa, de modo que su intervención no haría sino agravarlo. En línea con lo anterior, se ha conseguido también el consenso en otra creencia ingenua respecto a la influencia de la CyT en el desarrollo económico de un país (40511),

según la cual la CyT disminuyen la riqueza del país debido a los enormes recursos económicos que consumen.

Consensos respecto a la educación científica

La educación científica es uno de los contextos de la actividad científica (Echeverría, 1995), que se desarrolla en instituciones sociales como las escuelas, los institutos y las universidades. Las finalidades de esta educación han variado a lo largo del tiempo, desde una función casi exclusivamente orientada a la preparación de futuros científicos (finalidad propedéutica), hasta otra más reciente que pretende, además de la generación de vocaciones científicas, la alfabetización científica, comprensión pública de la ciencia o popularización y extensión de la cultura científica y tecnológica a todas las personas (o cualquier otra denominación equivalente que se quiera usar). Este enfoque es hoy dominante en la didáctica de la ciencia, aunque aún no lo es en la enseñanza de las ciencias (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005a). En este apartado se incluyen algunas cuestiones relativas al papel de la educación científica en las relaciones mutuas entre la sociedad y la CyT

Como institución social, la influencia de la educación en el futuro de la CyT, a través de la promoción de vocaciones científicas, consigue el consenso en dos frases consideradas adecuadas, que corresponden a dos cuestiones diferentes. Para el éxito de la CyT los alumnos deben: (i) estudiar más ciencias, pero de un tipo diferente al habitual, que muestre cómo la CyT afectan a sus vidas diarias (20511), y (ii) saber cómo se usan la CyT en el país para estar más informados, formarse opiniones más rigurosas y hacer mejores contribuciones como ciudadanos (20521). Ambos consensos reflejan algunas tesis fundamentales de la didáctica de las ciencias respecto a la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, como es la promoción de un enfoque de la enseñanza de las ciencias que relacione los contenidos científicos con la vida cotidiana de los estudiantes y contribuir mediante la educación científica a la formación de una ciudadanía responsable, un aspecto que se centra sobre todo en saber más sobre la CyT y algo menos de CyT.

La necesidad de científicos y técnicos para el progreso y el bienestar de un país (20511) requiere la captación de vocaciones desde la escuela. El consenso logrado considera como creencia ingenua la que sostiene que no es necesario estudiar más ciencias en la escuela porque (i) los estudiantes tienen muchas dificultades para comprender la ciencia, (ii) no todos los alumnos pueden comprender la ciencia y (iii) ésta no es realmente necesaria para todas las personas.

Las diferencias entre el número de científicos y técnicos que poseen los diversos países (20711) suelen atribuirse con ingenuidad a que las cualidades para ser científico o técnico son innatas y, por tanto, no hay que preocuparse por

incrementar el estudio de las ciencias en la escuela. Por el contrario, en el consenso conseguido se considera como creencia adecuada que para formar más científicos en el país (20711) es necesario el esfuerzo conjunto de las familias, las escuelas y la comunidad, que deben dar a niños y niñas el estímulo necesario, la capacidad y la oportunidad para aprender ciencia y llegar a ser científicos.

El impacto cultural de la ciencia escolar en la sociedad (50111) muestra dos acuerdos, uno en una creencia adecuada y otro en una inadecuada, acerca de la tesis de la división de la sociedad en dos culturas (la de "ciencias" y la de "letras") señalada hace años por Snow (1964). La creencia inadecuada y elitista es admitir que esta división existe, porque hay personas que no tienen suficiente capacidad para comprender la ciencia. Por el contrario, la creencia adecuada afirma que, en una sociedad con puntos de vista culturales más amplios, no sólo existen personas que entienden de ciencias y personas que entienden de letras, sino que hay tantos tipos de personas como preferencias personales posibles, incluyendo las que entienden de ambas, ciencias y letras.

La cuestión de la utilidad formativa de la ciencia escolar para la vida cotidiana de las personas es básica en la educación científica y puede plantearse, por ejemplo, en función de su utilidad para la formación como consumidores (50211). El consenso alcanzado considera como creencia ingenua que las clases (habituales) de ciencias en la escuela ayudan a formar mejores consumidores porque en éstas se aprenden cosas sobre los productos del mercado.

En la sociedad actual, la información fluye libremente por diversas vías alternativas no formales que compiten con la escuela; una de ellas es la televisión (y, en general, los medios de comunicación), por lo que se plantea en una cuestión si los documentales científicos que ofrece la TV dan una imagen mejor de la ciencia que las clases de ciencia (50311). Se valora por consenso que es una creencia ingenua considerar que estos documentales ofrecen una imagen global de la ciencia más adecuada, porque así se evitan los prejuicios y las preferencias del profesor.

Discusión e implicaciones para la enseñanza de la ciencia

En esta última sección se discuten y desarrollan dos asuntos. En primer lugar, las aportaciones concretas al conocimiento de las creencias adecuadas e ingenuas, sostenidas por un alto consenso entre los especialistas, relativas a tópicos de NdC correspondientes a la sociología externa de la ciencia y la tecnología; es decir, las cuestiones que conciernen a las relaciones mutuas entre la sociedad y el sistema tecnocientífico. En segundo lugar, las implicaciones para la enseñanza de la NdC en sintonía con los consensos diagnosticados en este ámbito tan polémico y complejo, pues éstos pueden ser usados como contenidos para introducir la enseñanza de la

NdC en el currículo de ciencias.

El desarrollo de la sociología del conocimiento científico ha contribuido a resaltar los aspectos sociológicos de la ciencia como elemento central de la NdC (Lamo *et al.*, 1994). Desde esta perspectiva, hace décadas que el movimiento CTS viene destacando la perspectiva sociológica de la CyT como elemento relevante de la educación científica (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002) y este estudio la asume como parte de la NdC, superando así la reducción conceptual de ésta a la mera epistemología de la ciencia, tal y como se interpreta restrictivamente en otros estudios (Osborne *et al.*, 2003). De este modo, se contribuye a ampliar el concepto de NdC, en este caso con aspectos de la sociología externa de la ciencia.

El criterio aplicado para definir el consenso ha sido el acuerdo de una mayoría cualificada de dos tercios (11 al menos) de un panel de 16 jueces expertos (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007b). Este criterio es similar a los usados en otros estudios (Eagly y Chaiken, 1993; Osborne *et al.*, 2003; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996), pero una aportación importante de esta investigación es la magnitud y diversidad de la muestra de jueces que ha participado en el proceso de evaluación, lo que confiere una mayor variabilidad a los resultados obtenidos frente a paneles de jueces más pequeños y homogéneos (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2001).

Desde un punto de vista metodológico, la definición del consenso mediante un criterio de mayoría cualificada de jueces es útil para diferenciarlo del disenso, aunque es convencional y condiciona de alguna manera los resultados. Como se ha señalado en trabajos anteriores, un criterio más exigente proporcionaría menos acuerdos, mientras que otro más laxo los aumentaría (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007a en prensa; Vázquez, Acevedo, Manassero, 2004). Además, el error estadístico aleatorio de las medidas también podría influir en que algunas frases situadas dentro del intervalo de error, por debajo del criterio mínimo adoptado (es decir, con el acuerdo de 10 jueces o menos), constituyeran un conjunto de frases potencialmente susceptibles de consenso. Futuras investigaciones, aplicando criterios múltiples o cruzados, podrían perfeccionar el método y serían de gran utilidad para verificar los resultados obtenidos.

El análisis de los consensos expuestos en este estudio proporciona la cara (consenso) y la cruz (disenso) de una misma moneda (NdC). Por una parte, los resultados obtenidos confirman que el consenso entre los expertos existe y los acuerdos pueden ser identificados. Por otra, los resultados obtenidos también demuestran que, aunque alcanzables, los consensos son difíciles y la controversia sigue estando presente en la raíz de las cuestiones de NdC. Así, el grado de acuerdo respecto a las 264 diferentes frases evaluadas de

Tabla 6. Consensos sobre la educación científica.

EDUCACIÓN CIENTÍFICA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
20511 El éxito de la ciencia y la tecnología en nuestro país depende de tener buenos científicos, ingenieros y técnicos. Por tanto, el país necesita que los alumnos estudien más ciencias en la escuela.	
Se necesita que los alumnos estudien más ciencias: C. Se debe fomentar que los estudiantes estudien más ciencias, pero un tipo diferente de cursos de ciencias. Deben aprender cómo la ciencia y la tecnología afectan a sus vidas diarias.	NO se necesita que los alumnos estudien más ciencias: F. porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia, aunque ello les ayudaría en sus vidas. G. porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia. La ciencia no es realmente necesaria para todos.
20521 El éxito de la ciencia y la tecnología en nuestro país depende de cuánto apoyo den los ciudadanos a los científicos, ingenieros y técnicos. Este apoyo depende de que los estudiantes (los ciudadanos del futuro) sepan cómo se usan la ciencia y la tecnología en el país.	
Sí, cuanto más aprendan los estudiantes sobre ciencia y tecnología: C. Más informados estarán los ciudadanos del futuro. Serán capaces de formarse mejores opiniones y hacer mejores contribuciones sobre cómo se usan la ciencia y la tecnología.	
20711 Algunas comunidades producen más científicos que otras comunidades. Esto ocurre como resultado de la educación que los niños reciben de su familia, las escuelas y la comunidad.	
La educación es responsable sobre todo: D. Porque la familia, las escuelas y la comunidad juntas dan a los niños y niñas la capacidad para la ciencia, el estímulo necesario y la oportunidad de llegar a ser científicos.	Inteligencia, capacidad y un interés natural hacia la ciencia son responsables sobre todo: G. porque la gente nace con estas cualidades.
50111 Parece que existen dos clases de personas, las que entienden de ciencias y las que entienden de letras (por ejemplo, literatura, historia, economía, leyes). Pero si todos estudiaran más ciencias, entonces todos las comprenderían.	
E. No existen sólo estos dos tipos de personas. Hay tantas clases de personas como preferencias individuales posibles, incluyendo las que entiende ambas, las ciencias y las letras.	EXISTEN estos dos tipos de personas, pero aunque las personas de letras estudiaran más ciencias, NO llegarían necesariamente a comprenderlas mejor: B. Porque pueden no tener la capacidad o el talento para comprender la ciencia. Estudiar más ciencia no les dará esa facultad.
50211 Las clases de ciencias me han dado confianza para resolver cosas y decidir si algo (por ejemplo, un anuncio) es verdad o no. Gracias a las clases de ciencias he llegado a ser un mejor consumidor.	
	Las clases de ciencias me han ayudado a ser un consumidor mejor: D. Porque aprender sobre los productos del mercado es parte de lo que se hace en la clase de ciencias.
50311 Los documentales científicos de TV (por ejemplo, Cosmos, El hombre y la Tierra, National Geographic, Planeta Terra, El mundo submarino de Cousteau, Más allá del 2000, etc.) dan una imagen más exacta de lo que es realmente la ciencia, en comparación.	
	Los programas de TV dan una imagen más exacta: A. Porque muestran todas las caras de la ciencia. En las clases de ciencias, no puedes tener una imagen global por los prejuicios y preferencias personales del profesorado.

sociología externa de la ciencia es muy variable y las que satisfacen el exigente criterio adoptado para el consenso son relativamente escasas (sólo 58 frases lo han satisfecho –aproximadamente la quinta parte–, de las cuales 22 son adecuadas y 36 ingenuas). Hay que destacar que sólo una frase ha logrado la valoración unánime de los 16 jueces como creencia ingenua. Así mismo, mientras que nueve frases alcanzan el consenso casi unánime de 15 jueces como creencias ingenuas, solamente dos frases lo consiguen como creencias adecuadas.

La implicación más obvia que tienen los consensos obtenidos empíricamente que se han mostrado en este estu-

dio afecta a la planificación de la enseñanza de la NdC, entendida ésta como un elemento importante de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. En particular, los consensos pueden resolver el problema de la selección de los contenidos curriculares más apropiados para dicha enseñanza. Con las reservas expresadas, las creencias consensuadas por los jueces, resumidas en las tablas 3, 4, 5 y 6, deberían conformar los contenidos del currículo de NdC para ser trabajados en las actividades de aula, con la garantía de que representan creencias ampliamente compartidas por diferentes expertos desde los conocimientos actuales de filosofía, historia y sociología de la ciencia y la tecnología.

Esta propuesta supone un avance importante y, además, permite llevar a cabo una enseñanza explícita de la NdC a partir de objetivos relativamente modestos y asequibles para todos los estudiantes (Hogan, 2000; Lederman, 1999; Matthews, 1998b; Monk y Osborne, 1997).

Por otra parte, la enseñanza de la NdC no puede perder de vista que forma parte de la educación científica, y ésta, a su vez, lo es de la educación general de las personas, de modo que algunos principios educativos generales también son aplicables en este caso. Así, la planificación general de la enseñanza de la NdC, desde la educación primaria hasta la educación secundaria postobligatoria, en la que los estudiantes ya han realizado una elección de especialización en sus estudios, exige algún principio que ordene la temporalización de los contenidos de NdC a través de las sucesivas etapas y cursos.

El principio más general vigente en toda la educación es la gradación de los objetivos y contenidos curriculares y su adaptación al desarrollo psicobiológico de los estudiantes, de manera que exista una sincronía entre las exigencias del currículo y las capacidades de aprendizaje de la mayoría de los estudiantes. Las grandes teorías del desarrollo psicoevolutivo describen el progreso gradual de las capacidades personales, de modo que el principio didáctico aplicable es enseñar procediendo de lo simple a lo complejo. Por ejemplo, la gradación de la complejidad de las cuestiones que se vayan a abordar implica la adaptación a la edad y a la etapa educativa de los estudiantes, mediante la construcción de secuencias de contenidos que van desde una serie de elementos básicos (aproximaciones descriptivas simples de la presencia del sistema tecnocientífico en la sociedad) hasta las relaciones más complejas y problemáticas entre la sociedad y el sistema tecnocientífico, incluyendo las controversias y conceptos epistemológicos que se deriven de ello (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). Este principio conduce a la apreciación del valor que tienen las creencias más simples de NdC, que serían las más apropiadas para las edades más tempranas. La gradación de la complejidad de las creencias relativas a las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, como contenidos curriculares, sería un paso necesario para la adaptación del currículo a la edad y las diversas etapas de la educación reglada, para lo cual se requiere disponer tanto de creencias consensuadas sencillas como complejas.

Algunas de las creencias sobre NdC que han alcanzado el consenso en el presente estudio se refieren a cuestiones muy sencillas y genéricas, que quizá pueden parecer excesivamente elementales y simples desde una perspectiva filosófica o sociológica más académica. Ejemplos de creencias adecuadas de este tipo podrían ser (i) que la contaminación debería limitarse tanto como sea posible, pues extenderla sólo crearía más daños, o (ii) que la industria pesada no

debería trasladarse a los países no desarrollados, porque no es una forma responsable de resolver el problema de la contaminación. Ejemplos de creencias ingenuas sencillas serían (i) que la CyT no influyen demasiado en la sociedad, y, viceversa, (ii) que la sociedad no influye demasiado en la CyT; (iii) que los científicos no se ven afectados por la política de su país porque están aislados de su sociedad; (iv) que la industria pesada debería ser trasladada a los países no desarrollados para salvar a nuestro país de la contaminación, o (v) que la CyT lo único que hacen es empeorar los problemas sociales. Este tipo de creencias tan sencillas no suelen aparecer en los debates de mayor nivel académico porque no generan desacuerdos, pero son válidas como parte de la alfabetización científica y tecnológica en la NdC, sobre todo en los cursos elementales y obligatorios, como expresión de una educación científica para todas las personas que debe plantear objetivos relativamente modestos (Matthews, 1998a), aunque también pueda incluir otros más avanzados respecto a la independencia intelectual y la conciencia crítica (Hipkins, Barrer y Bolstad, 2005). Sin embargo, no puede perderse de vista que, en este marco, la enseñanza de la NdC no pretende formar epistemólogos ni sociólogos de la ciencia sino personas científicamente cultas (Matthews, 1998b).

La educación científica en los niveles obligatorios va dirigida a estudiantes de edades e intereses muy diferentes y su objetivo debe ser más formativo que intelectual o académico. Como cualquier aprendizaje, la enseñanza de la NdC debe avanzar desde las creencias más simples a las más complejas, de modo que las aparentemente más sencillas, asequibles y menos polémicas son necesarias para una secuenciación adecuada en las distintas etapas de la educación científica de los estudiantes más jóvenes. El tipo de creencias tan sencillas que han aparecido en este estudio, tanto entre las creencias ingenuas como entre las adecuadas, son válidas para introducir la NdC en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. Los consensos en NdC tienen, pues, un valor didáctico claro y positivo, especialmente para los estadios iniciales de la educación, pues permiten una cierta gradación de la dosis de controversia y complejidad que se administra a los estudiantes mediante la inclusión de la NdC en el currículo de ciencias.

En un nivel complementario, un segundo principio general de la educación es la adaptación de la enseñanza al contexto específico de los estudiantes. Los contextos pueden ser muy diversos, según la dimensión social, escolar o personal que se trate, pero aquí se pretende subrayar el que aparece unido a las diversas finalidades con que se puede plantear la educación científica. Entre otras posible, Aikenhead (2003) destaca las siguientes finalidades de la educación científica:

- Ciencia propedéutica (necesaria para científicos).
- Ciencia funcional (necesaria para ejercer una profesión).
- Ciencia seductora (atractiva, sensacional,...).
- Ciencia doméstica (necesaria para la vida diaria)
- Ciencia curiosa (estimula la curiosidad y el deseo de saber).
- Ciencia social (ciencia para ejercer la ciudadanía).
- Ciencia cultural (ciencia como cultura).

Los planteamientos de enseñanza de la NdC deben adaptarse al tipo de finalidad que se pretenda en la educación científica (Acevedo, 2004; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005b). La adaptación al contexto de la enseñanza de la NdC también significa que no deben existir contradicciones entre la enseñanza de los conceptos y procedimientos de la ciencia y las afirmaciones que se hagan acerca de la NdC (Norris y Korpan, 2000). Además de la coherencia con las finalidades educativas, la adaptación al contexto también implica que los contenidos de NdC deben poseer una serie de características comunes, tales como viabilidad, utilidad, gradación, inclusividad, etc.

Otro grupo de implicaciones educativas para la enseñanza de la NdC se refiere a reflexiones emanadas desde determinados aspectos de la didáctica de las ciencias. Por ejemplo, muchos profesores suelen enseñar ciencias por medio de actividades de aula basadas en los métodos de la ciencia (prácticas de laboratorio, procesos de la ciencia, discusiones, etc.), confiando en que, de esta forma implícita, los estudiantes puedan conseguir una buena comprensión de la NdC. Sin embargo, algunas investigaciones de didáctica de las ciencias han demostrado que esta enseñanza implícita de la NdC mediante cursos centrados en los métodos de la ciencia no es eficaz (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell *et al.*, 2001), por lo que se aboga por una enseñanza explícita de la NdC. Esto requiere aplicar al desarrollo curricular de estas cuestiones todas las estrategias habituales en los contenidos importantes de la educación, tales como, la inclusión explícita en la planificación del currículo (objetivos, contenidos y actividades) y, sobre todo, su puesta en práctica en la evaluación de los estudiantes y del propio curso.

Los consensos mostrados en este estudio se han obtenido aplicando una misma metodología y criterio, de modo integrado, para las creencias adecuadas y las ingenuas, lo que representa un avance en la fundamentación empírica del tema. Otra cuestión didáctica que plantea la enseñanza de la NdC es la importancia relativa que debe otorgarse a las creencias adecuadas e ingenuas en el currículo de ciencias. De hecho, tal y como se ha señalado en el artículo, la investigación en didáctica de las ciencias se ha centrado de manera específica en el consenso sobre las creencias adecua-

das (Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Felske, Chiappetta y Kemper, 2001; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998; Osborne *et al.*, 2003), o respecto a las creencias ingenuas (Fernández *et al.*, 2002, 2003; McComas, 1996, 1998), pero no en ambos a la vez. La presentación simultánea de creencias adecuadas e ingenuas, correspondientes a las diversas cuestiones planteadas de sociología externa de la ciencia es otra sugerencia innovadora de este estudio para la didáctica de las ciencias. En efecto, en cuestiones tan controvertidas como las que se han mostrado sobre la NdC, no sólo son importantes las afirmaciones en positivo sino también las afirmaciones en negativo, pues ambas contribuyen a mejorar el aprendizaje. La enseñanza de los rasgos positivos junto con los rasgos negativos contribuye a precisar mejor los contenidos más complejos y escurridizos de la NdC, de manera que la enseñanza conjunta de creencias adecuadas e ingenuas puede suponer una reconceptualización radical del currículo de ciencias en este aspecto (Hippkins, Barrer y Bolstad, 2005).

La identificación de las creencias de NdC consensuadas frente a aquellas otras que no logran el consenso supone un avance porque proporciona seguridad al desarrollo del currículo, pero ¿debe limitarse la enseñanza de la NdC a las creencias consensuadas y excluir las que no lo están, o deben enseñarse ambas? ¿Qué importancia relativa deben tener las creencias consensuadas y las que no han conseguido el consenso? La tradición cultural de la ciencia se caracteriza por una evidente disposición de los científicos a la búsqueda de acuerdos y a conseguirlos mediante la resolución y clausura de las controversias. Esta tendencia al consenso se ha transmitido a la educación científica por los libros de texto amplificando las creencias consensuadas, ocultando las controversias y olvidando las creencias que no han tenido éxito, las cuales también desempeñan un papel determinante en la contrastación de las teorías científicas. Este énfasis excesivo en reflejar las creencias triunfantes produce una tendencia a difuminar la historia y las contingencias evolutivas de la ciencia en los libros de texto, lo que no contribuye a resaltar la naturaleza provisional del conocimiento científico. De esta forma, desaparecen las creencias perdedoras y sólo quedan las vencedoras, produciéndose una imagen deformada de certeza que no se corresponde con la génesis histórica del conocimiento científico (Fourez, 1994). Por tanto, enseñar NdC desde las creencias consensuadas, tanto adecuadas como ingenuas, equivale a destacar la naturaleza provisional del conocimiento científico y el valor de los procesos de su construcción, incluso en los casos de teorías y leyes más contrastadas.

En el caso más radical, esta tendencia positivista de la enseñanza de las ciencias a considerar excesivamente abso-

luto el conocimiento científico aceptado y olvidar las ideas que no tuvieron éxito, como parte de la cultura propia del sistema tecnocientífico, está más próxima a un adoctrinamiento que a una educación de espíritus críticos y mentes abiertas a la creatividad. El objetivo de la enseñanza de la NdC no debería ser adoctrinar desde una posición epistemológica particular, sino más bien presentar los diversos puntos de vista sobre cada cuestión y estimular el interés por someter a un escrutinio crítico e independiente las posibles respuestas alternativas (Alters, 1997a,b). Portanto, aunque pueda parecer necesaria en un área tan compleja y dialéctica, la excesiva insistencia en conseguir el consenso respecto a las creencias adecuadas de NdC, tal y como hacen Osborne *et al.* (2003) y defienden otros autores, no debe ser un instrumento de exclusión de las creencias caracterizadas por la ausencia de acuerdos.

Reconociendo el valor que tienen las creencias consensuadas para la educación científica, éste no debería convertirse en un valor absoluto para enseñar contenidos de NdC, como si solamente se pudieran enseñar los temas de NdC sobre los que existe consenso y, por el contrario, aquellos en los que hay disenso fueran inapropiados para la educación científica. El consenso sobre NdC, basado en las pruebas empíricas presentadas en este estudio y en otros semejantes, es un valor consolidado para la educación científica, pero no debe considerarse un valor absoluto ni excluyente, de tal forma que no debería ser un argumento para excluir de la enseñanza de las ciencias aquellos temas de NdC donde no haya acuerdo y que, por ende, sean más polémicos y controvertidos. Más bien, cierta dosis de disenso, adaptada a la edad y la etapa educativa de los estudiantes, resulta necesaria y saludable para la formación del espíritu crítico y la independencia intelectual de ciudadanos y futuros científicos, pues podría ayudar a entender mejor tanto la pluralidad creativa de la ciencia como los procesos de clausura de las controversias y génesis de los consensos como un estado que se alcanza por medio de procesos previos de disenso, a veces muy largos y costosos (Acevedo, Vázquez, Martín-Gordillo *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez, Oliva *et al.*, 2005).

El carácter dialéctico y complejo de la actual tecnociencia es un factor adicional de dificultad para la enseñanza de la NdC, que quizá sea más difícil de afrontar que la potencial falta de consenso. La cuestión relativa a si la complejidad de la NdC es inherente a la propia ciencia o solamente es un atributo de la reflexión sobre la ciencia también tiene interés didáctico, en especial porque muchos profesores creen que es suficiente enseñar la NdC de manera implícita, que es la forma más utilizada en la práctica docente mediante los métodos y procesos de la ciencia. La complejidad que ha alcanzado el sistema tecnocientífico en las sociedades contemporáneas es enorme, hasta el punto que hoy en día

conviven diversos modelos de ciencia, en un dinamismo permanente que presenta múltiples caras y que resulta difícil de aprehender incluso por los especialistas (Echeverría, 2003). Esta complejidad es inherente al sistema tecnocientífico, que reúne diferentes tipos de ciencia y tecnología coexistiendo en el presente, de modo que puede afirmarse que hoy no existe una sola ciencia (Acevedo, 2006a), de la misma manera que tampoco existe una única reflexión sobre la ciencia, sino diversas conviviendo simultáneamente. Por tanto, existen diversas tecnociencias y distintas reflexiones sobre la tecnociencia; de aquí la importancia de educar desde la pluralidad y no desde el adoctrinamiento hacia un modelo concreto, sobre todo en los aspectos donde el disenso es mayor (Rudolph, 2003).

La propuesta de enseñar una NdC basada en las creencias consensuadas de NdC podría considerarse inaceptable por su reduccionismo, esto es, por su incapacidad para presentar una imagen global de la NdC. El carácter poliédrico de la actual tecnociencia hace que toda descripción sea necesariamente limitada y parcial, de modo que cualquier aspecto de la NdC que se considere sólo la reflejará de manera incompleta. En tal caso, si cualquier descripción de la NdC es parcial y limitada, la objeción de reduccionismo respecto a los consensos no es tan trascendente, pues cualquier descripción implica una reducción y, por tanto, se llegaría así a negar la posibilidad de cualquier tipo de enseñanza de la NdC. Pero, además, la visión educativa de la tecnociencia que ofrecen los consensos mostrados en este estudio tampoco es una representación definitiva de la NdC en la educación científica, pues el currículo de ciencias que se presenta a los estudiantes implica necesariamente una nueva reducción de la NdC. Las necesidades didácticas requieren la transformación de los contenidos científicos en contenidos a enseñar, mediante la transposición didáctica que realizan los profesores a partir de su conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986) o, de otra forma, apoyándose en el conocimiento profesional que permite en este caso la adaptación de los contenidos especializados de NdC a contenidos propios de la educación científica (Schwartz y Lederman, 2002). Esta adaptación supone otra simplificación y un reduccionismo didáctico. Frente al mismo razonamiento de negación de la posibilidad de enseñar NdC, y aceptando que cualquier contenido didáctico es una visión transformada del objeto a enseñar, esta descripción parcial puede ser aceptable, a pesar de implicar también una reducción y limitación.

En suma, es un hecho que cualquier imagen de la CyT que se presente será siempre fragmentaria y limitada, de modo que la selección de un conjunto representativo de contenidos de NdC, guiada por consensos empíricamente justificados, no debería ser rechazada racionalmente, tanto desde

un punto de vista didáctico como epistemológico. Teniendo en cuenta los resultados de este estudio, para la inclusión de la NdC en la enseñanza de las ciencias, la propuesta de futuro evidente y coherente es el desarrollo curricular de las creencias adecuadas e ingenuas consensuadas. Los consensos obtenidos en sociología externa de la ciencia y la tecnología, junto con los correspondientes a los aspectos epistemológicos (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007a en prensa) y a la sociología interna de la ciencia y la tecnología (Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007 en prensa), proporcionan una base sólida, empíricamente fundamentada, como guía capaz de garantizar una selección de contenidos válidos, lo cual ya es un importante avance para la implantación de la NdC en la educación científica. Asimismo, la enseñanza de las creencias de NdC consensuadas amplía de manera sustantiva los horizontes didácticos para la comprensión pública de la ciencia y la tecnología.

Por último, puesto que la enseñanza de la NdC se debe llevar a cabo mediante actividades concretas y contenidos significativos, también deberá ser coherente con la enseñanza de los procesos de la ciencia o la utilización de la investigación científica en el aula (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Bencze, Bowen y Alsop, 2006; Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004). Estas actividades y contenidos deben desarrollarse teniendo en cuenta tres elementos que la bibliografía especializada une íntimamente a la enseñanza de la NdC, como son la historia de la ciencia y la tecnología, la evolución y actualidad tecnocientífica y las finalidades de la educación científica. Los tres elementos citados pueden servir de base para un currículo destinado a la enseñanza explícita y reflexiva de la NdC (Abd-El-Khalick y Akerson, 2004; Akerson y Volrich, 2006), donde cobran sentido y adquieren relevancia otras preguntas educativas, tales como ¿qué NdC enseñar?, ¿para qué enseñar NdC?, ¿qué tipo de ciencia presentamos cuando enseñamos NdC? (Acevedo *et al.*, 2004; Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005). La respuesta a estas preguntas se extiende, sin duda, a la formación del profesorado en estos temas, pues éste tiene la responsabilidad del desarrollo curricular. ■

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. S. y Akerson, V. L. (2004). Learning about nature of science as conceptual change: Factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science, *Science Education*, 88(5), 785-810.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlouk, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. y Tuan, H.L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives, *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 1(1), 3-16. Consultado 1/9/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A. (2006a). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219, Consultado 5/9/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A. (2006b). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 369-390. Consultado 1/10/2006 <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
- Acevedo, J. A., Acevedo, P., Manassero, M. A., Oliva, J. M., Paixão, M. F. y Vázquez, A. (2004). Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias, práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas CiênciaTecnologiaSociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 23-30). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro. Consultado 1/9/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2004, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo21.htm>
- Acevedo, J. A., Acevedo, P., Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS, *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. Consultado 1/9/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>
- Acevedo, J. A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. Consultado 2/9/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm> Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007a en prensa). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2). En <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007b en prensa). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1). En <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Martín-Gordillo, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, M. F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140. Consultado 2/9/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Oliva, J. M., Paixão, M. F., Acevedo, P. y Manassero, M. A. (2005). Comprensión de la naturaleza de la ciencia y decisiones tecnocientíficas. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, n° extra (VII Congreso), edición en CD.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Paixão, M. F., Acevedo, P., Oliva, J. M. y Manassero, M. A. (2005). Mitos da didáctica das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência y Educação*, 11(1), 1-15. Consultado 2/9/2006 en <http://www.fc.unesp.br/pos/revista/>.
- Aikenhead, G. S. (1994). The social contract of science: Implications for teaching science. En J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 11-20). New York Teachers College Press.

- Aikenhead, G. S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. T. Cross (Ed.), *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham* (pp. 59-75). New York, NY: Routledge Falmer. Consultado 1/9/2006 en <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>
- Akerson, V.L. y Vdrih, M. L. (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). Nature of Science: A Diversity or Uniformity of Ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1105-1108.
- Alters, B. J. (1997b). Whose Nature of Science?, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Bartholomew, H., Osborne, J. y Ratcliffe, M. (2004). Teaching Students "Ideas-About-Science": Five Dimensions of Effective Practice, *Science Education*, 88(5), 655-682.
- Bell, R. L. (2005). The Nature of Science in Instruction and Learning. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science (AETS), Colorado Springs, CO.
- BELL, R. L., Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. G., McComas, W. F. y Mathews, M. R. (2001). The Nature of Science and Science Education: A Bibliography, *Science and Education*, 10(1/2), 187-204.
- Bencze, J. L., G. Bowen, G. M. y Alsop, S. (2006). Teachers' tendencies to promote student-led science projects: Associations with their views about science, *Science Education*, 90(3), 400-419.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Duschl, R. (2000). Making the nature of science explicit. En R. Millar, J. Leech y J. Osborne (Eds.), *Improving Science Education: The contribution of research* (pp. 187-206). Philadelphia: Open University Press.
- Eagly, A. H. y Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal [2ª edición, 1998].
- Eflin, J. T., Glennan, S. y Reisch, R. (1999). The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107-116.
- Felske, D. D., Chiappetta, E. y Kemper, J. (2001). A Historical Examination of the Nature of Science and its Consensus in Benchmarks and Standards. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martínez-Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés y A. Vilches (Eds.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 29-62). Santiago, Chile: OREALC/UNESCO.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J. y Salinas J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). Consultado 4/9/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Fourez, G. M. (1994). *La construcción del conocimiento científico. Filosofía y ética de la ciencia*. Madrid: Narcea.
- Fox-Keller, E. (1996). El lenguaje de la genética y su influencia en la investigación, *Quark*, 4, 53-63.
- Gilbert, G. N. y Mulkay, M. (1984). *Opening Pandora's box: A sociological analysis of scientists' discourse*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hipkins, R., Barker, M. y Bolstad, R. (2005). Teaching the 'nature of science': modest adaptations or radical reconceptions?, *International Journal of Science Education*, 27(1), 243-254.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students knowledge about the nature of science, *Science Education*, 84(1), 51-70.
- Khishfe, R. y Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-581.
- Knorr-Cetina, K. D. (1981). *The manufacture of knowledge: An essay on the constructivist and contextual nature of science*. Oxford: Pergamon Press.
- Kolsto, S.D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues, *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Lamo, E., González, J. M. y Torres, C. (1994). *La sociología del conocimiento y de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Latour, B. (1987). *Science in Action. How to follow scientists and engineers through society*. Milton Keynes: Open University Press. [(1992): *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor].
- Latour, B. y Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. London: Sage. [2nd edition (1986). Princeton, NJ: Princeton University Press]. [(1995): *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial].
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship, *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat* Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service. Información. Consultado 4/9/2006 en <http://www.ets.org/testcoll/>
- Mathews, M. R. (1998a). In Defense of Modest Goals when Teaching about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 161-174.
- Mathews, M. R. (1998b). The Nature of Science and Science Teaching. En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 981-999). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. (1996). Ten Myths of Science: reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-72). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas W. F., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. En W.F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (pp. 3-39). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. y Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- 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(4), 405-424.
- Norris, S. P. y Korpan, C. A. (2000). Science, views about science, and

- pluralistic science education. En R. Millar, J. Leach, y J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 227-244). Buckingham, UK: Open University Press.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community, *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Queraltó, R. (1993). *Mundo, tecnología y razón en el fin de la modernidad*. Barcelona: PPU.
- Rubba, P. A., Schoneweg-Bradford, 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.
- Rubén Blanco, J. (1993-94). Las relaciones entre ciencia y sociedad: hacia una sociología histórica del conocimiento científico, *Política y Sociedad*, 14/15, 35-45.
- Rudolph, J. L. (2003). Portraying epistemology: School science in historical context, *Science Education*, 87(1), 64-79.
- Sánchez-Ron, J. M. (1992). *El poder de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research, *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Schwartz, R. S. y Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. y Crawford, B. A. (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.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F. y Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science? A response to Alters, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101-1104.
- Snow, C. P. (1964). *The two cultures: And a second look*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. [(1987): *Las dos culturas*. Madrid: Alianza Editorial].
- 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 (Org.), *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciências experimentais* (pp. 219-230). Aveiro: Universidade de Aveiro. Consultado 1/9/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2001). Enseñando ciencia: consenso y disenso en la educación y evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. En M. Martín Sánchez y J. G. Morcillo, (Eds.): *Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 297-305). Madrid: Nivola. Consultado 1/9/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/vazquez.htm>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza, *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. Consultado 2/9/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005a). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). Consultado 4/9/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005b). The dark side of the nature of science: empirical consensus about naïve ideas on science. Paper presented at the 5th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): *Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*. Barcelona, Spain (28 August-1 September, 2005).
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. Consultado 1/9/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsiacevedo20.htm>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.): *Perspectivas CiênciaTecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro, pp. 129-132.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2005). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, n° extra (VII Congreso), edición en CD. Consultado 4/9/2006 en <http://blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A., y Acevedo, P. (2006). Creencias ingenuas sobre naturaleza de la ciencia: consensos en sociología interna de ciencia y tecnología. Actas del IV Seminario Ibérico de CTS en la Educación Científica: *Las relaciones CTS en la Educación Científica*. Málaga: Universidad de Málaga (3-5 de julio de 2006), edición en CD.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007 en prensa). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. Enviado a publicación.
- Woolgar, S. (1988). *Science: The very idea*. Chichester: Ellis Horwood. [(1991): *Ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona: Anthropos].
- Ziman, J. (2000). *Real Science. What it is, what it means*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. [(2003): *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press]