



Revista Eureka sobre Enseñanza y
Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la
Ciencia: EUREKA
España

Acevedo-Díaz, José Antonio; Vázquez-Alonso, Ángel; Manassero-Mas, Ma. Antonia; Acevedo-Romero, Pilar

Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 4, núm. 2, abril, 2007, pp. 202-225

Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92040201>

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

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

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

(1) Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.

Delegación Provincial de Huelva. E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

(2) Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de las Islas Baleares. E-mail:

angel.vazquez@uib.es

(3) Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares. E-mail:

ma.manassero@uib.es

(4) IES "Fray Diego Tadeo González", Ciudad Rodrigo (Salamanca). E-mail:

pi_acevedo@yahoo.es

[Recibido en Diciembre de 2006, aceptado en Febrero de 2007]

RESUMEN ^(Inglés)

La inclusión de la naturaleza de la ciencia en el currículo de ciencias requiere, como requisito previo, el establecimiento de acuerdos sobre sus principales rasgos y los correspondientes contenidos que podrían trasladarse al aula para su tratamiento explícito en la educación científica. En este artículo se muestran los consensos conseguidos en una investigación empírica sobre cuestiones de NdC correspondientes a la epistemología de la ciencia y a las definiciones de ciencia y tecnología y las relaciones entre ambas. Se ha seguido para ello una metodología basada en la valoración de las cuestiones incluidas en el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) por parte de un panel de 16 jueces expertos. Los acuerdos alcanzados se extienden tanto a los aspectos de NdC que se consideran adecuados como a los inadecuados, los cuales son mucho más numerosos.

Palabras clave: *Naturaleza de la ciencia, aspectos epistemológicos, consenso, Cuestionario de Opiniones CTS, investigación empírica.*

INTRODUCCIÓN

Cada vez es mayor el acuerdo para incluir una enseñanza explícita de la naturaleza de la ciencia (NdC en adelante) en el currículo de ciencias; esto es, una enseñanza sobre qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cómo construye su conocimiento, cómo se relaciona con la sociedad, qué valores utilizan los científicos en su trabajo profesional, etc. Este consenso se ha visto reflejado en los currículos de ciencias reformados en diversos países durante los años noventa del siglo XX (Matthews, 1998; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998). De

otra forma, las cuestiones relativas a la NdC constituyen hoy uno de los elementos innovadores de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas y, en consecuencia, un aspecto esencial del currículo de ciencias inspirado por esta máxima (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002, 2005; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002, 2003; Lederman, 2006; Millar, 1996; Millar y Osborne, 1998; Smith y Scharmann, 1999; Spector, Strong y Laporta, 1998). No obstante, aunque la importancia de la NdC en la educación científica parece estar actualmente clara para la didáctica de las ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell *et al.*, 2001; McComas, 2005), aún no lo están tanto los medios para lograr sus propios objetivos de enseñanza (Bell, 2005).

En un artículo precedente se ha discutido la complejidad de la noción de NdC como metaconocimiento que surge de las reflexiones de filósofos, sociólogos e historiadores de la ciencia, científicos, profesores y expertos en didáctica de las ciencias (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007). Las controversias y debates entre estos especialistas sugieren el origen de una de las dificultades para la inclusión de contenidos de NdC en la educación científica (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001).

La bibliografía muestra dos corrientes de opinión opuestas sobre la dificultad de la NdC para convertirse en contenido curricular de la educación científica. La primera es una posición de disenso en NdC que sostiene que no es factible alcanzar acuerdos básicos sobre 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), pese a su complejidad y a los desacuerdos existentes todavía en ciertos temas. La búsqueda del consenso se ha centrado en los aspectos de NdC que se estiman adecuados (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 respecto a los que se consideran mitos (McComas, 1996, 1998), visiones deformadas (Fernández *et al.*, 2002, 2003; Fernández, Gil-Pérez, Valdés y Vilches, 2005; Gil-Pérez *et al.*, 2005) o creencias inadecuadas sobre NdC (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005b; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006). No nos extenderemos más en este asunto porque ya ha sido expuesto con suficiente amplitud en un trabajo anterior, que establece los fundamentos de la investigación llevada a cabo (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007).

De acuerdo con la posición de consenso indicada, en este artículo se mostrarán los acuerdos conseguidos en una investigación empírica sobre cuestiones de NdC relativas a la epistemología de la ciencia y a las definiciones de ciencia y tecnología y las relaciones entre ambas. Estos acuerdos se extienden tanto a los aspectos de NdC que se consideran adecuados como a los inadecuados, los cuales tienen 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, 2007).

El método elegido para establecer los posibles acuerdos correspondientes a la 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 expertos¹ garantiza una diversidad de puntos de vista respecto a la temática planteada.

TEMAS	SUBTEMAS	CUESTIONES
DEFINICIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y SUS RELACIONES MUTUAS		
1. Ciencia y Tecnología	01. Ciencia	10111, 10113
	02. Tecnología	10211
	03. I+D	10311
	04. Interdependencia	10411, 10412, 10413, 10421, 10431
EPISTEMOLOGÍA		
9. Naturaleza del conocimiento científico	01. Observaciones	90111
	02. Modelos científicos	90211
	03. Esquemas de clasificación	90311
	04. Provisionalidad	90411
	05. Hipótesis, teorías y leyes	90511, 90521, 90531, 90541
	06. Aproximación a las investigaciones	90611, 90621, 90631, 90641, 90651
	07. Precisión e incertidumbre	90711, 90721
	08. Razonamiento lógico	90811
	09. Supuestos de la ciencia	90921
	10. Estatus epistemológico	91011
	11. Paradigmas y coherencia de conceptos	91111, 91121

Tabla 1.- Distribución de las cuestiones del COCTS relativas a la epistemología de la ciencia y a las definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas.

¹ 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) tiene una actividad investigadora reconocida en el ámbito de la didáctica de las ciencias o en la educación CTS.

CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

El instrumento empleado es el Cuestionario de Opiniones sobre CTS (COCTS), constituido por 100 cuestiones de respuesta múltiple² (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003), que contienen un total de 637 frases en las que se reflejan distintas creencias y actitudes sobre NdC desde una perspectiva CTS amplia que no se limita a lo exclusivamente epistemológico. En este estudio, que se centra en los aspectos epistemológicos de la NdC, se han aplicado 28 cuestiones (176 frases) correspondientes a dos dimensiones del COCTS (véase la tabla 1): *definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas* (9 cuestiones, 63 frases) y *epistemología de la ciencia* (19 cuestiones, 113 frases).

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

← 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

Tabla 2.- Escala de valoración de cada frase del COCTS con la interpretación de su significado³.

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 de 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 ó 3) a una frase, se considera que hay consenso respecto a que es una creencia inadecuada o ingenua sobre NdC.

² Todas las cuestiones tienen el mismo formato de respuesta 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 (entre 6 y 7 frases de promedio por cuestión).

³ Categoría ingenua: la frase expresa una creencia que no es ni apropiada ni plausible. Categoría plausible: aunque no es completamente adecuada, la frase expresa algunos aspectos apropiados desde la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia. Categoría adecuada: la frase expresa una creencia apropiada desde la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia.

RESULTADOS

Consensos correspondientes a las definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas.

Los resultados obtenidos en las 9 cuestiones relativas a las definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas muestran un consenso de los jueces en 3 creencias adecuadas y 8 ingenuas (véase la tabla 3). En tres cuestiones no se han conseguido acuerdos en creencias de uno u otro tipo. Hay que destacar que las dos cuestiones en las que se proponen una definición explícita de la ciencia (10111) o de la tecnología (10211) no han permitido lograr acuerdos en creencias adecuadas o ingenuas, lo cual muestra hasta qué punto aún resulta difícil llegar a un consenso sobre lo que es (y lo que no es) la ciencia y la tecnología.

DEFINICIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y SUS RELACIONES MUTUAS	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
10113 El proceso de hacer ciencia se describe mejor como ...	
	B. El método científico.
10311 Ciencia y tecnología son muy importantes para la investigación y el desarrollo (I+D) de la industria del país. ¿Qué significado tiene para ti "investigación y desarrollo" (I+D)?	
F. I+D significa una combinación de ciencia y tecnología. La investigación conduce al desarrollo y el desarrollo lleva a una investigación mejorada.	A. I + D significa encontrar nuevas respuestas a preguntas sobre el mundo y las personas.
10411 La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:	
B. Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.	A. Porque la ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil ver cómo la tecnología podría ayudar a la ciencia.
10412 ¿La ciencia influye en la tecnología?	
	A. La ciencia no influye demasiado en la tecnología.
10413 ¿La tecnología influye en la ciencia?	
	A. La tecnología no influye en gran medida sobre la ciencia.
10421 Para mejorar la calidad de vida del país, sería mejor gastar dinero en investigación tecnológica EN LUGAR DE en investigación científica.	
Invertir en ambas: D. Porque ambas interaccionan y se complementan entre sí por igual. La tecnología da a la ciencia tanto como la ciencia da a la tecnología.	A. Invertir en investigación tecnológica porque mejorará la producción, el crecimiento económico y el empleo. Todo esto es mucho más importante que cualquier cosa que ofrezca la investigación científica. G. Invertir en investigación científica porque mejora la calidad de vida (por ejemplo, curaciones médicas, respuestas a la contaminación y aumento del conocimiento). La investigación tecnológica, por otro lado, ha empeorado la calidad de vida (por ejemplo, bombas atómicas, contaminación y automatización). H. No invertir en ninguna. La calidad de vida no mejorará con los avances en la ciencia y la tecnología, sino que mejorará con inversiones en otros sectores de la sociedad (por ejemplo, bienestar social, educación, creación de empleo, artes, cultura y ayudas de otros países).

Tabla 3.- Consensos correspondientes a las definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas.

CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

Una de las creencias considerada adecuada se refiere a la definición de investigación y desarrollo (10311F), mientras que las otras dos corresponden a las relaciones entre la ciencia y la tecnología (10411B, 10421D). Todas ellas tienen en común la profunda interacción entre ciencia y tecnología, así como una combinación de ambas que exige hoy su desarrollo simultáneo mediante investigación, desarrollo e innovación.

Las 8 creencias interpretadas como ingenuas en los consensos logrados corresponden a la descripción del procedimiento científico, la definición de investigación y desarrollo (I+D) y la dependencia mutua entre ciencia y tecnología. Una creencia ingenua, en la que subyace un absolutismo metodológico, describe el proceso de hacer ciencia exclusivamente mediante el método científico (10113B), como si otros aspectos (creatividad, imaginación...) no formaran parte de los procesos de construcción del conocimiento científico. Así mismo, se considera ingenua la creencia que identifica I+D (10311A) con encontrar nuevas respuestas a preguntas acerca del mundo y las personas.

En cuanto a las relaciones entre la ciencia y la tecnología se estima inadecuado que la influencia entre ambas sea pequeña (10412A y 10413A) o que sólo la ciencia influya en la tecnología y no al revés (10411A). Otro asunto más concreto se refiere a la vieja polémica de dar preferencia a las inversiones en ciencia o tecnología (10421). En esta cuestión se han identificado tres creencias ingenuas: la que representa una actitud anticientífica y antitecnológica rechazando la inversión en ambas para invertir más en gastos sociales (H) y las dos actitudes extremas que sostienen la inversión en una de ellas solamente excluyendo a la otra (A y G).

Consensos correspondientes a la epistemología de la ciencia.

Los resultados correspondientes a las 19 cuestiones más específicas de epistemología de la ciencia muestran el consenso de los jueces en 9 creencias adecuadas y 29 ingenuas (véase la tabla 4). En dos cuestiones no se han conseguido acuerdos respecto a creencias de un tipo u otro.

Las 8 cuestiones que incluyen consensos sobre creencias adecuadas e ingenuas a la vez se refieren a la naturaleza de las observaciones científicas (90111) y los esquemas de clasificación (90311), el carácter provisional del conocimiento científico (90411), las suposiciones que hacen los científicos (90521), el papel del método científico en la investigación (90621), el papel de los errores en la investigación científica (90651), el significado del razonamiento lógico basado en la inferencia estadística (90811) y el estatus del conocimiento científico (91011).

Además, hay 9 cuestiones que sólo presentan consensos en creencias inadecuadas: la ontología de los modelos científicos (90211), el estatus de hipótesis, teorías y leyes (90511), la elegancia de las ideas científicas (90531), la simplicidad de las teorías científicas (90541), la naturaleza del método científico (90611), el papel del razonamiento lógico en la investigación (90631) y en los artículos científicos (90641), el papel del razonamiento probabilístico, la precisión y la incertidumbre en el conocimiento científico (90721) y la influencia de lo sobrenatural en los fenómenos naturales (90921).

EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
90111 Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.	
A. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	D. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar. E. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.
90211 Muchos modelos científicos usados en los laboratorios de investigación (tales como el modelo del calor, el de las neuronas, del DNA o del átomo) son copias de la realidad.	
	Los modelos científicos SON copias de la realidad: A. Porque los científicos dicen que son verdaderos; por tanto, deben serlo. B. Porque hay muchas pruebas científicas que demuestran que son verdaderos. C. Porque son verdaderos para la vida. Su objetivo es mostrarnos la realidad o enseñarnos algo sobre ella.
90311 Cuando los científicos clasifican algo (por ejemplo, una planta de acuerdo con sus especies o una estrella según su tamaño), están clasificando la naturaleza tal como realmente es; cualquier otra manera sería simplemente errónea.	
E. Podrían existir otras formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones. F. Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta, y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.	A. Las clasificaciones se ajustan a como es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo. B. Las clasificaciones se ajustan a como es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.
90411 Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.	
El conocimiento científico cambia: B. Porque el conocimiento viejo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.	D. El conocimiento científico PARECE cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.
90511 Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías, y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes.	
	Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a leyes: A. Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley. C. Porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.

CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
90521 Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese adecuadamente.	
Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:	
D. Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.	A. Porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas. B. En caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.
90531 Como reacción a la ecuación de Einstein, $E = mc^2$, los científicos dijeron "Una ecuación tan maravillosamente elegante tiene que ser una descripción verdadera de la naturaleza". Esta afirmación muestra que los científicos suponen que sus ecuaciones o ideas deberían encajar con la elegancia de la naturaleza.	
	Los científicos SUPONEN que sus ideas deberían ser elegantes: A. Para que sean verdaderas en la naturaleza. Los científicos saben que si buscan de forma correcta, la naturaleza es hermosa o elegante.
90541 Las buenas teorías científicas explican bien las observaciones. Pero las buenas teorías son más bien simples que complicadas.	
	A. Las buenas teorías son simples. El lenguaje mejor para la ciencia es simple, corto y directo.
90611 Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:	
	A. Procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico. B. Registrar datos muy cuidadosamente. C. Controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.
90621 Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.	
C. El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.	A. El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico.
90631 Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente, hasta que se hace el descubrimiento.	
Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones:	
	A. Porque los experimentos (por ejemplo, los que condujeron al modelo del átomo, o los descubrimientos sobre el cáncer) son como colocar ladrillos para hacer una pared. B. Porque la investigación comienza comprobando los resultados de un experimento anterior para ver si es verdad. La gente que sigue adelante comprobará un nuevo experimento. E. La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra.

EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
<p>90641 Los científicos publican los resultados de su trabajo en revistas científicas. Cuando escriben un artículo para una revista organizan su informe de una manera muy ordenada y lógica. Sin embargo, los científicos hacen su trabajo realmente de una manera mucho menos ordenada y lógica.</p> <p>Los artículos se escriben de una manera más lógica que el trabajo real:</p>	
	<p>F. Porque los científicos trabajan de una manera lógica, para que sea más fácil escribir su informe o publicación de una manera lógica.</p> <p>G. Los artículos NO se escriben necesariamente de una manera lógica. Se escriben de la misma manera en que se hizo el trabajo. Esto puede ser complicado o sencillo.</p>
<p>90651 Los científicos NO deberían cometer errores en su trabajo porque los errores retrasan el avance de la ciencia.</p>	
<p>Los errores NO PUEDEN evitarse:</p> <p>D. Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.</p>	<p>A. Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.</p>
<p>90721 Aunque las matemáticas se usen exactamente en ciencia e ingeniería, sólo se puede predecir lo que probablemente ocurrirá. Nunca se puede predecir con el 100% de seguridad.</p>	
	<p>D. Las predicciones con matemáticas son habitualmente 100% seguras, porque las matemáticas son seguras, por sí mismas.</p>
<p>90811 Si los científicos encuentran que la gente que trabaja con una sustancia denominada asbesto tiene el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón que una persona media, ¿esto quiere decir que el asbesto puede causar cáncer de pulmón?</p> <p>Los hechos NO significan necesariamente que el asbesto causa cáncer de pulmón:</p>	
<p>C. Porque el asbesto puede funcionar en combinación con otras sustancias, o indirectamente (por ejemplo, debilitando la resistencia a otras sustancias que causarían el cáncer de pulmón).</p>	<p>D. Porque si lo hiciera, todos los trabajadores con asbesto habrían tenido cáncer de pulmón.</p> <p>E. El asbesto no puede causar cáncer de pulmón porque mucha gente que no trabaja con asbesto también tiene cáncer de pulmón.</p>
<p>90921 La ciencia descansa sobre el supuesto de que el mundo natural no puede ser alterado por un ser sobrenatural (por ejemplo, un dios).</p>	
	<p>E. La ciencia puede investigar lo sobrenatural y puede, posiblemente, explicarlo. Por tanto, puede asumir la existencia de seres sobrenaturales.</p>
<p>91011 Suponga que un buscador "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan". ¿Qué piensa usted?</p>	
<p>E. Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.</p>	<p>Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas:</p> <p>A. Porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos sólo tienen que encontrarlas.</p>

Tabla 4.- Consensos correspondientes a la epistemología de la ciencia.

Respecto a la naturaleza de las observaciones científicas (90111), se logra el consenso en tres creencias, una es adecuada y dos ingenuas. La primera se refiere a la carga teórica de las observaciones (A); de otra forma, los científicos pueden observar cosas diferentes si sostienen teorías distintas. Las dos ingenuas expresan un exceso de

CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

confianza en la naturaleza objetiva y precisa de las observaciones científicas como hechos incontrovertibles; la más extrema identifica de modo estricto las observaciones con los hechos (E), mientras que la otra resalta la exactitud de las observaciones (D).

El consenso en la cuestión correspondiente a la ontología de los modelos científicos (90211) se extiende a tres creencias ingenuas. Una de ellas identifica los modelos con la realidad (C), lo que es una manifestación del "realismo ingenuo". Las otras dos sostienen la verdad absoluta de los modelos mediante la autoridad de los científicos que los defienden (A) o las pruebas científicas favorables (B).

La cuestión de la naturaleza de los sistemas de clasificación (90311) presenta un amplio consenso en dos creencias adecuadas y dos inadecuadas. Las dos creencias adecuadas son contrarias al realismo y muestran un punto de vista instrumentalista; en ambos casos se reconoce que su naturaleza es más epistemológica que ontológica y se acepta la posibilidad de distintos sistemas de clasificación, aunque por motivos diferentes. Una de ellas refleja la naturaleza dinámica y provisional del conocimiento científico (E), mientras que la otra se refiere una vez más a la carga teórica de las observaciones científicas (F). Las dos creencias ingenuas sostienen la naturaleza realista de los esquemas de clasificación, justificadas, como en el caso de los modelos científicos, por las pruebas acumuladas en su favor (A) o por la autoridad de los científicos que las usan (B).

El consenso conseguido respecto a la provisionalidad del conocimiento científico (90411) incluye una creencia adecuada y otra ingenua. La primera justifica el cambio del conocimiento científico por su reinterpretación a la luz de nuevos descubrimientos (B); de otra forma, se admite la posibilidad de cambios ontológicos y conceptuales en el conocimiento científico. La creencia ingenua sostiene, en cambio, que el conocimiento básico no cambia y los nuevos conocimientos se acumulan a los antiguos sin modificarlos (D).

En cuanto a las relaciones entre hipótesis, teorías y leyes científicas (90511), se ha alcanzado un consenso respecto a considerar ingenua la creencia en una graduación creciente de certeza que iría desde las hipótesis hasta las leyes, pasando por las teorías; una secuencia que ignora los diferentes estatus epistemológicos de estas nociones. La justificación de esta creencia ingenua se hace sobre la base de pruebas científicas confirmatorias sucesivas (A) o por la lógica del desarrollo de las ideas científicas (D).

El consenso en la cuestión correspondiente a las suposiciones sobre el mundo natural que hacen los científicos para el avance de la ciencia (90521) se ha logrado en tres casos. Dos de ellos son creencias ingenuas y se refieren a la necesidad de que tales supuestos tengan que ser verdaderos para el progreso de la ciencia, porque si no fuera así los científicos perderían el tiempo (A) o las consecuencias podrían ser desastrosas para la sociedad (B). Por el contrario, se considera adecuada la creencia que sostiene que la ciencia puede progresar partiendo tanto de ideas que se confirman como de ideas que se refutan (D).

En relación con la elegancia de las ideas científicas (90531) y la simplicidad de las teorías científicas (90541), se logra un consenso respecto al carácter ingenuo de que

ambas creencias correspondan a valores que garanticen la veracidad del conocimiento científico.

Dos cuestiones relativas a la comprensión de la metodología científica permiten lograr varios acuerdos, sobre todo respecto a creencias ingenuas. Así, el método científico (90611) se considera de modo ingenuo como un conjunto de ideas reduccionistas que lo limitan a meras recetas de laboratorio (A), el registro cuidadoso de datos (B) o el control de variables experimentales sin lugar para la interpretación (C). Otra creencia ingenua sostiene que el método científico consiste en ejecutar una secuencia de etapas (90621), lo que supone una visión rígida y codificada de la metodología científica, cuyo correcto cumplimiento asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos (A). Por el contrario, en esta última cuestión se considera adecuada la creencia que reconoce la influencia de la originalidad y la creatividad como características de los científicos en el desarrollo de su trabajo (C).

La cuestión del papel epistemológico de la lógica en la investigación científica (90631) ha permitido conseguir el consenso en tres creencias ingenuas. Las dos primeras justifican este papel, bien por el carácter acumulativo de los resultados de los sucesivos experimentos (A), bien porque cada experimento probado conduce de manera lineal al siguiente, que es único (B). En cambio, la tercera creencias ingenua niega el papel epistemológico de la lógica porque el conocimiento científico se produce sobre todo por casualidad o azar (E), que los angloparlantes designan con el término *serendipity*.

El papel de la lógica en la comunicación del conocimiento científico mediante la publicación de un artículo científico (90641) permite alcanzar el consenso en dos creencias ingenuas que, en realidad, pueden reducirse a afirmar que los científicos trabajan de la misma manera que relatan en sus publicaciones. Se muestra así la ausencia de distinción entre “ciencia privada” (contexto de descubrimiento) y “ciencia pública” (contexto de justificación), las cuales están orientadas por diferentes valores constitutivos (p.e., hay más presión en la segunda que en la primera para mostrar una imagen lógica, imparcial y objetiva). Una de estas creencias ingenuas sostiene que los científicos trabajan de una manera lógica para que les resulte más fácil escribir sus artículos (F). Por el contrario, la otra afirma que los científicos no siempre trabajan de un modo lógico y, en consecuencia, también escriben del mismo modo (G).

La comprensión del papel de los errores en la construcción del conocimiento científico (90651) es clave para entender la metodología científica. Aquí se han logrado dos acuerdos. Por un lado, se estima como una creencia ingenua que los errores siempre retrasan el avance de la ciencia (A). Por otro, se considera una creencia adecuada que los científicos pueden aprender de los errores y, de este modo, contribuir al progreso de la ciencia (D).

El razonamiento probabilístico es uno de los más difíciles de conseguir. El acuerdo alcanzado en una cuestión relativa al mismo (90721) permite valorar como ingenua la creencia según la cual todo el conocimiento científico que se expresa en lenguaje matemático es seguro con una precisión absoluta (D).

La cuestión correspondiente al razonamiento lógico basado en la inferencia estadística (90811) suscita el acuerdo como creencia adecuada la distinción entre correlación y

causalidad (C), en la que también subyace una crítica a la injustificación lógica del principio de inferencia. Así mismo, permite identificar como creencias ingenuas que siempre que haya una causa deba aparecer necesariamente el efecto (D), o bien que una causa no pueda dar lugar al efecto porque éste también aparece cuando no se ha observado esa causa (E).

Un supuesto básico de la ciencia en sus explicaciones es la exclusión del recurso al pensamiento mítico o mágico que requiere la presencia de seres sobrenaturales. En una cuestión sobre este asunto (90921), se ha conseguido el consenso respecto a considerar ingenua la creencia que sostiene que la ciencia no tiene límites y puede investigar incluso los denominados hechos sobrenaturales (E).

La naturaleza real o inventada del conocimiento científico es una cuestión (91011) muy debatida en la filosofía de la ciencia. La misma no es más que una expresión concreta de la polémica más general, aún vigente en filosofía de la ciencia, entre el realismo ingenuo (las leyes se descubren porque están en la naturaleza) y el constructivismo instrumental (las leyes se inventan para interpretar los hechos). En este caso el consenso se ha logrado en una creencia adecuada y otra ingenua. La primera corresponde a la interpretación instrumental (los científicos inventan para interpretar) con un matiz realista ontológico añadido (pero no inventan lo que la naturaleza hace). La creencia ingenua expresa que el conocimiento científico está inscrito en la naturaleza y, por tanto, la tarea del científico es descubrirlo en lugar de inventarlo (realismo ingenuo).

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

El principal propósito de este artículo ha sido aportar nuevas pruebas empíricas respecto al consenso correspondiente a creencias adecuadas e ingenuas en aspectos de NdC correspondientes a cuestiones epistemológicas de la ciencia, que son las más tratadas en la bibliografía sobre esta temática (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell *et al.*, 2001; Lederman, 2006), y en cuestiones relativas a las definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas. En otros estudios se mostrarán los acuerdos alcanzados en el ámbito sociológico (dimensiones de sociología interna y sociología externa de la ciencia), los cuales superan ampliamente (alrededor del doble) a los conseguidos en la dimensión epistemológica abordada aquí (Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007a,b en prensa). De este modo, se amplía notablemente el concepto de NdC, tal y como propugna el movimiento CTS para la enseñanza de las ciencias (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Spector, Strong y Laporta, 1998). Esta línea de trabajo también está en sintonía con la sugerencia de Allchin (2004), que recomienda diferenciar entre los elementos normativos y descriptivos de la NdC y tener en cuenta ambos en la enseñanza de las ciencias, incluyendo las tensiones entre estos dos tipos de factores; de otro modo, este autor propone la articulación de los aspectos sociológicos con los epistemológicos a la hora de caracterizar la NdC.

El criterio aplicado aquí 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, 2007). Este criterio es similar a los utilizados en otros estudios (Eagly y Chaiken, 1993; Osborne *et al.*, 2003; Rubba, Schoneweg-Bradford y

Harkness, 1996), pero la amplitud y diversidad de la muestra de jueces que ha participado en esta investigación han sido mayores que en casi todos los trabajos anteriores, lo que ha originado más variabilidad de los resultados obtenidos frente a paneles de jueces más pequeños y homogéneos (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). En consecuencia, el grado de acuerdo en las diferentes frases que satisfacen el exigente criterio adoptado ha sido bastante variable y destaca que ninguna de ellas ha logrado la valoración unánime de los 16 jueces como creencias adecuadas o ingenuas.

Desde un punto de vista metodológico, la definición del consenso mediante un criterio de mayoría cualificada de jueces es útil para diferenciarlo del disenso, pero no se debe olvidar que esta decisión tiene un carácter convencional, lo que condiciona de alguna manera los resultados obtenidos. Como se ha señalado en otros artículos, un criterio más exigente daría lugar a un consenso menor, mientras que otro más laxo mostraría uno mayor (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007a,b en prensa). Por otra parte, el error de medida que afecta aleatoriamente a cualquier resultado podría hacer que algunas frases situadas dentro del intervalo de error, por debajo del criterio mínimo adoptado (esto es, con el acuerdo de 10 jueces o incluso menos), constituyeran un conjunto de creencias susceptibles de un consenso potencial. Futuras investigaciones aplicando criterios múltiples o cruzados podrían perfeccionar el método y serían de gran utilidad para confirmar o rechazar los consensos descritos.

Los resultados obtenidos muestran claramente que el consenso entre los especialistas es posible y que los acuerdos pueden ser identificados. No obstante, al mismo tiempo, también reflejan que, aunque alcanzable, el consenso es difícil y la controversia sigue estando presente en la raíz de las cuestiones de NdC. Así, el grado de acuerdo en las 176 frases correspondientes a la epistemología de la ciencia y a las nociones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas valoradas es bastante variable, y las que satisfacen el exigente criterio adoptado para el consenso son relativamente pocas (49 frases –algo más de la cuarta parte– han satisfecho dicho criterio, de las cuales 12 son adecuadas y 37 ingenuas).

Como se ha indicado antes, destaca la ausencia de consenso respecto a las definiciones de ciencia y tecnología, de manera que preguntas como ¿qué es la ciencia? o ¿qué es la tecnología? no han conseguido el consenso entre los especialistas. En consonancia con el análisis de Rudolph (2003), tal vez la complejidad de ambas empresas no permite a los jueces ponerse de acuerdo en el mejor resumen para describirlas (Acevedo, 2006). Esta falta de consenso contrasta, en cambio, con los resultados conseguidos por Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness (1996), que presentan un mayor número de acuerdos, pero que han sido criticados por la gran limitación y excesiva homogeneidad de su muestra de jueces (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2001). En dicho trabajo, la ciencia se refleja como un proceso (una investigación sistemática) y un producto (el conocimiento resultante), mientras que el procedimiento científico se define como observar, proponer explicaciones y comprobar la validez de las mismas. Así mismo, la tecnología se considera como un conjunto de ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas, organizar a los trabajadores y para el progreso de la sociedad.

Algunas de las creencias sobre NdC que consiguen el consenso en el presente estudio se refieren a cuestiones sencillas y genéricas, que quizás podrían parecer demasiado simples y elementales desde una perspectiva filosófica o sociológica más académica. Un ejemplo de creencia adecuada de este tipo sería que la ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí, porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad de hacer investigación científica. Ejemplos de creencias ingenuas del mismo tipo serían: (i) es mejor invertir en investigación tecnológica [que en investigación científica] porque mejorará la producción, el crecimiento económico y el empleo, (ii) los modelos científicos son copias de la realidad... y (iii) las suposiciones de la ciencia tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese...

Este tipo de creencias no suelen aparecer en los debates de más nivel académico, pero son válidas para su inclusión en la educación científica de los estudiantes, especialmente en los cursos obligatorios más elementales, como expresión de una educación científica para todas las personas que debe incluir objetivos relativamente modestos de una enseñanza de la NdC y no pretende formar epistemólogos o sociólogos de la ciencia, sino personas con una cultura científica (Matthews, 1998). En efecto, la educación científica en los niveles obligatorios va dirigida a estudiantes de muy diversas edades e intereses y su objetivo debe ser más formativo que intelectual o académico. De acuerdo con un conocido principio psicoevolutivo que afecta de manera general a la planificación de toda la educación, como en otros casos, la enseñanza de la NdC debe avanzar desde las creencias más simples a las más complejas, de manera que las aparentemente más sencillas, asequibles y menos polémicas son necesarias para las distintas etapas de la educación científica de los estudiantes más jóvenes. El desarrollo curricular de la NdC requiere, sin duda, una adaptación a la edad de los estudiantes, la correspondiente transposición didáctica o conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986; Schwartz y Lederman, 2002) y el diseño de actividades de enseñanza apropiadas para aclarar significados, analizar distintos casos y ejemplos, discutir sus consecuencias, etc. Por tanto, estas creencias en apariencia simples son pertinentes y válidas para la graduación de los aprendizajes relativos a la NdC, teniendo presente que su objetivo es la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Esta propuesta concuerda con las repetidas sugerencias para llevar a cabo una enseñanza explícita de la NdC a partir de objetivos relativamente modestos y asequibles para todos los estudiantes (Duschl, 2000; Hogan, 2000; Lederman, 1999; Matthews, 1998; Monk y Osborne, 1997). Antes de llegar a metas más elevadas, la inclusión de los aspectos epistemológicos de NdC en la enseñanza de las ciencias debe pasar por una serie de elementos básicos, tales como una aproximación descriptiva simple a los conceptos de ciencia y tecnología, los objetivos de ambas y sus relaciones mutuas, cómo se llega al conocimiento científico, cuál es el papel de las pruebas científicas, para qué se hace un experimento, cuándo y cómo cambia el conocimiento, etc. Progresivamente, después se prestará suficiente atención a aclarar otros aspectos más conceptuales correspondientes a términos tales como hipótesis, ley, teoría, modelo, explicación, causa, verdad, conocimiento, confirmación, observación, prueba,

idealización, control de variables, etc. (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001).

Los consensos mostrados en este estudio representan, sin duda, un notable avance en los fundamentos empíricos de las creencias adecuadas e ingenuas correspondientes a los aspectos epistemológicos de NdC que deben ser tratadas en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, no debe olvidarse que los resultados son parciales y están sometidos a los márgenes de error habituales en cualquier análisis. Además, la excesiva insistencia en el consenso sobre NdC, como hacen Osborne *et al.* (2003) y defienden muchos autores, parece sugerir que éste es absolutamente esencial para la selección de los 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 no fueran adecuados.

Por un lado, los consensos sobre NdC tienen un claro valor didáctico, sobre todo en los primeros niveles educativos, porque permiten una cierta graduación de la dosis de controversia y complejidad que se proporciona a los estudiantes cuando se incluye la NdC en el currículo de ciencias. Por otro, la historia de la ciencia da cuenta de la tradición cultural que valora más la tendencia a los acuerdos y la búsqueda de ellos por encima de las controversias. Esta especial predisposición de los científicos al consenso tal vez sea una característica distintiva de la ciencia respecto a otras formas de conocimiento. No obstante, los libros de texto la han transmitido demasiado amplificada al currículo de ciencias, lo que ha oscurecido la naturaleza provisional del conocimiento científico y el determinante papel que tienen las controversias en la contrastación de las teorías científicas.

Desde el punto de vista anterior, aunque el consenso sobre la NdC basado en pruebas empíricas sea un valor importante para la educación científica, no puede considerarse un valor absoluto ni exclusivo, de modo que no debería convertirse en un argumento para excluir de la enseñanza de las ciencias algunos temas de NdC donde todavía no hay suficiente consenso y que, por ende, son más polémicos y controvertidos. Más bien al contrario, cierta dosis de disenso es necesaria para la formación crítica de ciudadanos y futuros científicos, pues ayudaría a entender mejor la pluralidad creativa de la ciencia y a resaltar que el consenso es un estado que se alcanza a través de procesos previos de disenso, con debates a veces muy largos y costosos (Acevedo, Vázquez, Martín-Gordillo *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez, Oliva *et al.*, 2005). Aunque los científicos parecen buscar con mayor ahínco los acuerdos y tener más éxito en ello que otros especialistas, desde la perspectiva del currículo de ciencias, algunos temas de NdC para los que aún no se ha conseguido el consenso pueden y deben estar presentes, pero, evidentemente, deberían ser elegidos, planificados y adaptados a la edad de los estudiantes más cuidadosamente y posponerse quizás a los niveles educativos superiores. Además, en el caso de los aspectos más polémicos y con mayor disenso, el objetivo 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 analizar las posibles respuestas alternativas (Alters, 1997a,b).

La cuestión relativa a si la complejidad de la NdC es solamente un atributo de la reflexión sobre la ciencia o es inherente a la propia ciencia también presenta cierto interés didáctico, sobre todo si se tiene en cuenta que la enseñanza implícita de la

NdC, que es la más utilizada en la práctica, a menudo induce creencias ingenuas y deformadas de NdC a partir, por ejemplo, de la presentación en los libros de textos de una ciencia objetiva, verdadera y acabada. La tesis que se sostiene aquí es la segunda, la ciencia es compleja hasta el límite de romper los moldes creados por la reflexión epistemológica. La historia de la ciencia es suficientemente rica para mostrar que han existido, y aún existen, muchos tipos de ciencia. Durante el siglo XIX, la ciencia clásica de gabinete y genio individual fue dando paso, pero no desapareciendo del todo, a la ciencia institucional y académica, a la que ha seguido, desde mediados del siglo XX, la gran ciencia o macrociencia –*big science*– y la alta tecnología –*high technology*– muy ligadas a la industria y al ejército y, por último, la actual tecnociencia (Acevedo, 1997). El sistema tecnocientífico reúne hoy todos esos tipos diferentes de ciencia y tecnología coexistiendo en el presente (Acevedo, 2006). Por otro lado, las reflexiones sobre la ciencia se han ido produciendo paralelamente sobre aspectos parciales; con cierta pretensión de generalidad, sus conclusiones tienen en realidad el lastre de la ciencia que intentan reflejar, habiéndose encargado las sucesivas críticas de revisarlas y actualizarlas. Por tanto, puede afirmarse que no existe hoy una única ciencia, de la misma manera que tampoco existe una sola reflexión sobre la ciencia, sino diversas que conviven a la vez (Rudolph, 2003).

El carácter dialéctico y poliédrico de la tecnociencia es un factor adicional de dificultad para la enseñanza de la NdC, que quizá sea más difícil de afrontar que una potencial falta de consenso. La complejidad que ha alcanzado el sistema tecnocientífico en las sociedades contemporáneas es enorme, hasta el punto que en el presente conviven simultáneamente en él los diversos modelos de ciencia señalados. Esta complejidad de la tecnociencia se traduce en un dinamismo permanente que presenta múltiples caras (Echeverría, 2003). Los diversos modelos de ciencia y tecnociencia, que tienden a ser cambiantes porque ambas se encuentran en continuo desarrollo (Acevedo, 2006), hacen utópico pensar en la existencia de una sola NdC. En consecuencia, cualquier descripción de la NdC solamente puede pretender aproximarse de manera incompleta y sesgada a la ciencia y la tecnociencia del presente. Esta descripción necesariamente limitada de la NdC tiene dos consecuencias importantes para su enseñanza:

- Una NdC restringida a los consensos logrados implica siempre un reduccionismo epistemológico, lo que, ciertamente, supone un inconveniente. Sin embargo, esta simplificación no es tan grave ni tan transcendente como en principio podría parecer, debido precisamente al carácter parcial que siempre tendrá cualquier contenido didáctico sobre la ciencia y la tecnociencia. Ahora bien, en todo caso, deberá tenerse en cuenta esta restricción intrínseca en la enseñanza de la NdC.
- Incluso si solamente existiera un único tipo de ciencia, la transposición didáctica, imprescindible en la enseñanza de las ciencias, selecciona y realza necesariamente unos aspectos de la ciencia y la tecnociencia por encima de otros, lo cual también supone una simplificación. Sin duda, este reduccionismo didáctico restringe aún más la visión de la ciencia en la escuela. Por tanto, la selección de un conjunto representativo de contenidos de NdC, guiada por el consenso mostrado en este estudio, puede ser aceptable desde un punto de vista didáctico por su justificación empírica, pero también da lugar a una visión parcial de la NdC.

En resumen, cualquier intento de presentar una imagen de la ciencia, sea cual sea ésta, siempre será limitado y aparecerá fragmentado. Desde la complejidad de la NdC se toma conciencia de que los acuerdos conseguidos reflejarán solamente un perfil particular de esa complejidad, pese al consenso que se pueda alcanzar sobre diversos aspectos de NdC para garantizar la validez de la selección de contenidos, lo que ya es un avance importante. De este modo, cobran un nuevo sentido y adquieren relevancia preguntas como las siguientes: ¿a qué tipo de ciencia nos referimos cuando hablamos de NdC?, ¿qué NdC debemos enseñar? y, sobre todo, ¿para qué queremos enseñar NdC?, esto es, ¿cuáles son los propósitos de la inclusión de la NdC en la enseñanza de las ciencias? (Acevedo *et al.*, 2004, Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005; Lederman, 2006). Las respuestas a estas cuestiones requieren, sin duda, un espacio superior al de este artículo, pero de momento quizás sea suficiente advertir que la implantación de la NdC en la enseñanza de las ciencias tiene horizontes mucho más amplios que el del consenso sobre los contenidos como único factor de desarrollo curricular, aunque este elemento sea importante.

Para una contextualización más adecuada de la NdC en el currículo de ciencias hay que tener en cuenta tres elementos básicos que no se pueden desligar, como son la historia de la ciencia y la tecnología, la actualidad tecnocientífica y las finalidades de la educación científica.

La historia de la ciencia y la tecnología debe servir de contexto a los elementos de NdC a enseñar, pues sin ella la NdC podría quedar reducida a mero academicismo. Además, hay que prestar atención prioritaria a la ciencia y tecnociencia del presente, porque es un contexto mucho más próximo y cercano a los intereses y necesidades del mundo donde viven los estudiantes. Por último, no puede olvidarse que la educación científica persigue diversas finalidades (Acevedo, 2004; Aikenhead, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005a); cada elemento de NdC puede contribuir mejor que otros a unos propósitos educativos y cada finalidad educativa puede requerir mejor unos elementos u otros de NdC. Así, para tomar mejores decisiones cívicas en el mundo actual, posiblemente sea más importante conocer los rasgos de la naturaleza de la tecnociencia que los de la propia ciencia académica, pues la primera incide más en la sociedad contemporánea. Para pequeñas decisiones cotidianas quizás sea más apropiado el conocimiento de la naturaleza de la tecnología más sencilla. Para satisfacer necesidades estéticas y personales podría ser prioritario el conocimiento de la naturaleza de la ciencia académica, etc. Sin tener en cuenta las finalidades de la educación científica, los planteamientos de NdC podrían resultar inútiles (Acevedo, 2004). Estos elementos deben considerarse armónicamente y adaptarse al tipo más adecuado de rasgos de la NdC para su inclusión en el currículo de ciencias. Así mismo, la NdC también debe ser coherente con la enseñanza de los procesos de la ciencia o con la enseñanza mediante investigación 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).

EPÍLOGO

Desde la perspectiva de la educación científica, es evidente que sin algún tipo de consenso sería prácticamente imposible construir un mensaje educativo mínimo sobre

la NdC. Sin embargo, en la educación hay que transformar los contenidos curriculares de la enseñanza para adecuarlos a los estudiantes, pues los contenidos seleccionados sólo son medios útiles para conseguir objetivos educativos. La educación científica lleva a cabo esta transposición didáctica, en la que la mayoría de las veces es inevitable la pérdida de algunos elementos del contenido original en aras de la adaptación a las posibilidades de los estudiantes para conseguir un aprendizaje significativo. Debido a las controversias y los desacuerdos existentes en torno a la NdC, el conocimiento didáctico del contenido relativo a la NdC requiere como condición previa encontrar los correspondientes consensos, capaces de constituir la base de la inclusión de la NdC en la educación científica. Las pruebas empíricas mostradas en este artículo apuntan la existencia de suficientes acuerdos entre jueces expertos, tanto respecto a las creencias adecuadas como a las inadecuadas, para el desarrollo curricular de los aspectos de NdC relacionados con la epistemología de la ciencia y con las definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas.

REFERENCIAS

- ABD EL KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N. G., MAMLOK NAAMAN, 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. (1997). ¿Publicar o patentar? Hacia una ciencia cada vez más ligada a la tecnología. *Revista Española de Física*, 11(2), 8-11. Consultado 4/1/2007 en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI, 2001, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo4.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16. Consultado 3/1/2007 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2006). 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 3/1/2007 en <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 Ciência Tecnologia Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 23-30). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro. Consultado 4/1/2007 en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI, 2004, <http://www.oei.es/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 2/1/2007 en <http://www.rieoei.org/deloslectores/Acevedo.PDF>.

- ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2002). Nuevos retos educativos: Hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Revista Pensamiento Educativo*, 30, 15-34.
- ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2005). Orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía: un desafío educativo para el siglo XXI. En P. Membiela e Y. Padilla (Eds.), *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTS en los inicios del siglo XXI* (pp. 7-14). Vigo: Educación Editora. Consultado 2/1/2007 en <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. Consultado 4/1/2007 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>. Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluaçió 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. y MANASSERO, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2). Consultado 2/1/2007 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66. Consultado 3/1/2007 <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 3/1/2007 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 & Educação*, 11(1), 1-15. Consultado 2/1/2007 en <http://www.fc.unesp.br/pos/revista/>.
- 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 4/1/2007 en <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.pdf>.
- ALLCHIN, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934-946.

- 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 MATTHEWS, 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.
- 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.
- 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, 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 2/1/2007 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- GIL PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005). Technology as 'Applied Science': A Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14 (3 5), 309 320.

- 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.
- 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. G. (2006). Research on Nature of Science: Reflections on the Past, Anticipations of the Future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/index.htm.
- 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 2/1/2007 en <http://www.ets.org/testcoll/>.
- MATTHEWS, M. R. (1998). In Defense of Modest Goals when Teaching about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 161-174.
- McCOMAS, W. F. (1996). Ten Myths of Science: reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.
- McCOMAS, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-72). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McCOMAS, W. F. (2005). Teaching the Nature of Science: What Illustrations and Examples Exist in Popular Books on the Subject? Paper presented at the Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18).
- 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.
- MILLAR, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77, 7-18.
- MILLAR, R. y OSBORNE, J. (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London School of Education.

- 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.
- 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.
- 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.
- RUDOLPH, J. L. (2003). Portraying epistemology: School science in historical context. *Science Education*, 87(1), 64-79.
- 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.
- SMITH, M. U. y SCHARMANN, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4), 493-509.
- SPECTOR, B., STRONG, P. y LAPORTA, T. (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 267-276). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y 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 ciencias experimentais* (pp. 219-230). Aveiro: Universidade de Aveiro. Consultado 4/1/2007 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.oei.es/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 4/1/2007 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.oei.es/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 2/1/2007 en <http://www.rieoei.org/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 2/1/2007 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 4/1/2007 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.): *Perspectivas Ciência Tecnologia Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. 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.
- 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. (2007a en prensa). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1).
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007b en prensa). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

SUMMARY

A previous condition to effectively insert the nature of science in the science school curriculum requires setting up the agreements on the main features of the curriculum contents that should be explicitly addressed into the science classroom. This paper shows some agreements that have been attained through an empiric methodology of research, which is based on the assessment of the questions included in the Questionnaire of Opinions on Science, Technology and Society (COCTS) by a panel of 16 expert judges. The reached consensuses are limited here to the specific issues of the epistemology of the science, which not only include issues of philosophy of science but also the definitions of science and technology and their relationships. The results display both some appropriate traits as well as those more numerous inadequate traits revealed by the empirical analysis that has been carried out.

Key Words: *Nature of science, epistemological traits, consensus, Questionnaire of Opinions on STS, empiric investigation.*