

CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: EVIDENCIAS E IMPLICACIONES PARA SU ENSEÑANZA

Ángel Vázquez Alonso

Universidad de las Islas Baleares, España

José Antonio Acevedo Díaz

Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, España

M^a Antonia Manassero Mas

Universidad de las Islas Baleares, España

1. NATURALEZA DE LA CIENCIA Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La situación actual de los sistemas educativos, con una escolarización plena hasta los 16 años, plantea nuevos retos a la educación científica. La ciencia escolar ofrece a los estudiantes la promesa implícita de alcanzar la capacidad de actuar y pensar como los científicos después de un proceso relativamente largo de formación. Esta promesa diferida al futuro se incumple para muchos ciudadanos porque interrumpen prematuramente esta formación científica y, por tanto, no se les garantiza la oportunidad de acceder a la ciencia y entenderla, de modo que la ciencia escolar, paradójicamente, acaba actuando como enemiga de la propia ciencia en muchos casos. Así, en una sociedad cada vez más impregnada de ciencia y tecnología, sucede que el aprendizaje de la ciencia escolar no es funcional ni significativo para la mayoría de los ciudadanos, pues no les ayuda a comprenderlas.

Hace años Ziman (1978) escribió que "*el problema de la enseñanza tradicional de las ciencias no es lo que enseña sobre la ciencia, sino lo que no enseña*". Los currículos habituales para la enseñanza de las ciencias en la escuela se han centrado sobre todo en los contenidos conceptuales y se han regido por la lógica interna de la ciencia, pero han olvidado formar sobre la ciencia misma, es decir, 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. Todos estos aspectos constituyen lo que se conoce como naturaleza de la ciencia (NdC en adelante). En consecuencia, la imagen de la ciencia transmitida por la enseñanza tradicional está trasnochada y deformada, pues corresponde a la de un conocimiento acabado, definitivo y, por ello, autoritario, dogmático e incontestable (Fernández *et al.*, 2003). Por otro lado, la ciencia escolar transmite una imagen de la ciencia del pasado, la que produjo los conceptos incluidos en el currículo, pero no de la ciencia –y sobre todo de la tecnociencia– contemporánea, la que se hace hoy en día en los laboratorios de diversas instituciones (universidades, hospitales, fundaciones, ejército, etc.) y empresas privadas (industrias, corporaciones farmacéuticas, etc.).

Para superar estos graves inconvenientes en la actualidad hay un consenso creciente que propone incluir explícitamente en los currículos escolares una enseñanza sobre la ciencia misma, es decir, de la NdC. Ésta se considera una parte esencial de la educación científica y debería ser irrenunciable y sustantiva en cualquier curso de ciencias (Fuller, 1997; Irwin, 1995; Jenkins, 1997; McComas, Clough y Almazroa, 1998; Millar, 1996; Ziman, 2000).

La relevancia curricular de la NdC es cada vez más apreciada por quienes diseñan una educación científica para el siglo XXI. Hoy en día numerosos países (Australia, Canadá, EE.UU., Nueva Zelanda, Reino Unido, etc.) incluyen explícitamente la enseñanza de la NdC en sus currículos de ciencias reformados

(NRC, 1996; McComas y Olson, 1998) y muchos otros lo hacen de una forma más o menos parcial o implícita.

El problema que se plantea respecto a la inclusión de los temas de NdC en los currículos de ciencias es decidir los contenidos más relevantes, un problema de difícil solución debido a la propia idiosincrasia interdisciplinar, dialéctica y compleja de la NdC. Dentro del cuerpo de conocimientos de la ciencia, los conceptos y procesos de la ciencia aparecen bien definidos y delimitados, especialmente en la ciencia acabada que forma parte de los currículos académicos de formación del profesorado, cuya preparación científica se basa en largos años de adoctrinamiento y socialización en el sistema conceptual de la ciencia que inculca estos conceptos. A diferencia de los conceptos y procesos tradicionales de la ciencia, la NdC es un área poliédrica, compleja y dinámica, plagada de luces y sombras, de acuerdos y desacuerdos. La NdC es un campo hipotético e inseguro, principalmente construido desde fuera de la ciencia y la tecnología mediante la reflexión interdisciplinar de historiadores, filósofos y sociólogos, cuya principal dificultad es el carácter dialéctico de la mayoría de sus afirmaciones, lo cual conduce a una ausencia significativa de acuerdos en muchas cuestiones (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). Esta complejidad intrínseca y diferencial de la NdC hace que muchos profesores y científicos desconozcan buena parte de los contenidos de NdC y posean algunas creencias ingenuas que conforman actitudes poco adecuadas sobre estas cuestiones, lo que constituye un inconveniente importante para su tratamiento educativo (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002a,b; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002b; Lederman, 1992; Rubba y Harkness, 1993).

Los contenidos de NdC de los currículos de ciencias ya aprobados en algunos países podrían interpretarse como indicadores de cierto acuerdo sobre la NdC, por encima de las discrepancias. Sin embargo, como acertadamente observan Osborne *et al.* (2003), los comités para la redacción de estos currículos no ofrecen garantía suficiente de haber alcanzado un consenso basado en pruebas empíricas que puedan considerarse como una cierta validación de los mismos. De hecho, algunos aspectos de ellos han suscitado críticas fundamentadas y provocado redacciones diferentes en ediciones sucesivas –por ejemplo, el *Project 2061* de la AAAS (1989), los *Benchmarks* de la AAAS (1993) y los *Standards* del National Research Council (NRC, 1996) en EE.UU.–, lo cual suscita la sospecha de que las decisiones curriculares sean meros compromisos internos de los propios comités para salir adelante en su tarea. Por tanto, aunque los currículos publicados suponen cierto avance, queda aún pendiente la tarea de fundamentar mejor los acuerdos potenciales en cuestiones de NdC.

En suma, en el marco de la investigación en didáctica de las ciencias, la inclusión de la NdC en el currículo de ciencias tiene dos grandes obstáculos:

- La NdC en sí misma como área de conocimientos multidisciplinar, dialéctica, compleja y cambiante, que contrasta con el carácter acabado y dogmático de muchos contenidos tradicionales de los currículos de ciencias.
- El profesorado de ciencias, porque, en general, no ha sido preparado en esta área, la cual no suele ser parte de la formación universitaria de los científicos.

A la vista de estas dificultades la conclusión, comprobada en diversos estudios, parece simple y hasta razonable: un área espinosa y difícil como la NdC, al lado de un profesorado que carece de la preparación adecuada, garantizan una percepción poco realista de esta temática y la escasa viabilidad del

proyecto de enseñar NdC (Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002b; Solbes y Vilches, 1997; Lederman, 1999).

Este artículo se centrará en el primero de los obstáculos, la complejidad de la NdC, sobre el cual la bibliografía especializada reciente muestra dos corrientes de opinión contrapuestas:

- No es posible alcanzar consensos mínimos sobre NdC. Por tanto, lo lógico sería renunciar a abordarla en la educación científica escolar, o en el mejor de los casos, su inclusión debería hacerse de una manera muy limitada.
- A pesar de la complejidad señalada, es posible encontrar algunos islotes de consenso en un mar de disensos. Esta segunda posición invita a construir una educación científica basada en los posibles acuerdos existentes o alcanzables, que permita a los estudiantes aprender algo de NdC.

¿El disenso en NdC es general e insuperable y, por tanto, la enseñanza de la NdC una utopía inalcanzable o difícilmente homologable? O, por el contrario, ¿es posible el consenso en algunos temas de NdC y cuáles son estos? Este artículo pretende mostrar algunas pruebas a favor de la segunda posición, que sostiene la existencia de puntos de consenso, así como describir cuáles son estos acuerdos y discutir su interés para la inclusión de la NdC en el currículo escolar de ciencias. En consecuencia, el propósito es contribuir a eliminar, o al menos rebajar, la importancia del primer obstáculo señalado para la enseñanza de la NdC en la educación científica. La investigación en didáctica de las ciencias ha dado algunas respuestas parciales, unas favorables y otras desfavorables, a estas importantes cuestiones sobre el consenso en NdC. Después de una breve revisión de ambas, se expone nuestro propio trabajo sobre este tema para añadir nuevas pruebas a favor de una opinión justificada sobre la posibilidad de acuerdos, que comienza a ser la posición dominante en la didáctica de las ciencias. Se mostrarán los acuerdos logrados sobre NdC, que son limitados pero firmes.

2. ¿QUÉ DENOMINACIÓN: NATURALEZA DE LA CIENCIA, IDEAS SOBRE LA CIENCIA O ACTITUDES RELACIONADAS CON LA CIENCIA?

La NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología por especialistas de estas disciplinas, pero también por algunos científicos insignes. La NdC incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad. Estas reflexiones interdisciplinarias son tan amplias y ricas en matices que es imposible pretender resumirlas en unas pocas líneas. En este marco tan complejo, con propuestas y contrapropuestas que a la vez que hacen críticas intentan dar respuestas a los sucesivos problemas que se han ido planteando, es donde se encuentra hoy en día la filosofía de la ciencia. El resultado es que entre los extremos marcados por dos paradigmas –el positivismo lógico y el relativismo constructivista radical– se pueden encontrar escuelas epistemológicas de todo tipo, como el neopositivismo, realismo, funcionalismo o instrumentalismo, relativismo, etc., y otras derivadas de éstas con todos los matices posibles, como el racionalismo crítico, evolucionismo, realismo crítico, empirismo constructivo, realismo constructivo, realismo transformativo, realismo perspectivo, realismo pragmático, constructivismo sociológico, relativismo débil, etc. (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001; Kuhn, 1962; Bunge,

1999; Laudan, 1990, 1996). Por si fuera poco complejo, desde hace unos años este panorama se ha enredado un poco más con la llamada “*guerra de las ciencias*”, desencadenada por la abrupta respuesta de los científicos a algunas posiciones epistemológicas postmodernas más radicales (Sokal y Bricmont, 1998; Wolpert, 1992).

En la medida en que la empresa científica también es compleja, poliédrica y dinámica resulta difícil definir con precisión el concepto de NdC, aunque, en general, se puede decir que se refiere a todas aquellas características de la ciencia como forma de construir conocimiento. No existe una sola NdC, de modo que cualquier simplificación constituye una representación parcial de la misma y, de hecho, convive en competencia con otras representaciones también parciales (Rudolph, 2003).

En el ámbito de la didáctica de las ciencias la NdC es un área extensa y multidisciplinar, que se nutre de aportaciones de diversas corrientes importantes de la investigación en esta especialidad y, por ello, también ha recibido distintos nombres. La denominación “*naturaleza de la ciencia*” ha hecho fortuna para referirse en particular a los contenidos epistemológicos sobre la ciencia; es decir, la forma específica en que ésta llega a obtener sus conocimientos, junto con los valores, supuestos y creencias que la sustentan (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Lederman, 1992). En comparación con otras designaciones ésta tiene un cariz marcadamente epistemológico, pues subraya sobre todo las características metodológicas y procesuales propias de la ciencia, tales como el papel de la observación y las pruebas empíricas, las teorías científicas, la racionalidad científica, el contraste de hipótesis, la evolución de las teorías, etc. Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002) han añadido después algunos aspectos sociales y políticos de la ciencia como parte integrante de la NdC que la aproxima más a las nuevas acepciones que se comentan en los párrafos siguientes, las cuales se consideran incluso más relevantes por algunos autores (Rudolph, 2003).

La denominación “*ideas sobre la ciencia*” (Osborne *et al.*, 2003) resalta sobre todo la dimensión cognitiva de los temas de NdC, tal vez porque sus autores han cultivado una escuela cuya tradición de investigación se inserta en el movimiento de las concepciones alternativas, que ya había utilizado la designación “*ideas alternativas de los niños*” para describir las concepciones de sentido común sobre los contenidos fácticos de la ciencia y sus leyes, previas al aprendizaje de las ciencias. Aunque los autores no definen con precisión el alcance de este nombre, se puede inferir de los enunciados de los temas sobre los que se logra el consenso. Así mismo, el texto de la nota 4 del artículo de Osborne *et al.* (2003, pp. 699 y 717), donde se precisa la noción de *naturaleza del conocimiento científico*, permite deducir que las tres grandes categorías del estudio –métodos de la ciencia, naturaleza del conocimiento científico e instituciones y prácticas sociales de la ciencia– son las que se deben identificar con el contenido de las “*ideas sobre la ciencia*”. El examen detenido del listado de frases usadas para describir cada una de estas tres categorías también ratifica el sentido principalmente epistemológico atribuido a esta denominación.

Por último, la tradición investigadora de las actitudes hacia la ciencia es otra área cuya contribución a la NdC ha sido especialmente relevante para la didáctica de las ciencias. Desde hace muchos años ha incluido en su programa la evaluación de diversas formas de las denominadas “*actitudes relacionadas con la ciencia*”, que coinciden en parte con los contenidos de “*naturaleza de la ciencia*” e “*ideas sobre la ciencia*”. El término actitud no debe interpretarse aquí en un sentido reduccionista, restringido al interés de los alumnos por la ciencia escolar, sino como la disposición general hacia un objeto, que en este caso es la ciencia en general. La investigación de las “*actitudes relacionadas con la ciencia*” tiene como objeto de

estudio las actitudes y valores específicamente científicos, tanto personales como sociales, incluyendo entre ellos los que se desarrollan en el ámbito escolar. La investigación basada en las “*actitudes relacionadas con la ciencia*” subraya sobre todo el carácter de elección personal entre las diversas posiciones y valores y la regulación de las conductas, que van desde la participación en la toma de decisiones al activismo en temas socio-científicos. Las numerosas escalas y cuestionarios construidos a lo largo de más de cuatro décadas de investigación sobre estas actitudes muestran con claridad la inclusión en sus textos de los aspectos epistemológicos, pero también otros como los relacionados con la ciencia escolar o las interacciones entre la sociedad, la ciencia y la tecnología. Los epígrafes de una taxonomía de “*las actitudes relacionadas con la ciencia*” propuesta hace unos años (Vázquez y Manassero, 1995) son suficientemente explícitos y elocuentes al respecto (véase la tabla 1).

Tabla 1.

Una taxonomía de las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología (C & T)

Actitudes relacionadas con la enseñanza–aprendizaje de la C & T
1. Elementos escolares de la C & T.
2. Productos del aprendizaje de la C & T.
Actitudes relacionadas con las interacciones entre sociedad y C & T
3. Imagen social de la C & T.
4. Temas específicos de C & T con incidencia social.
Actitudes relacionadas con el conocimiento científico y tecnológico
5. Características de los científicos.
6. Construcción colectiva del conocimiento científico.
7. Naturaleza del conocimiento científico.

Por otro lado, el movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) considera la ciencia y la tecnología como actividades humanas cargadas de valores, cuya importancia radica en las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002a). Como enfoque didáctico para la enseñanza de las ciencias y de la tecnología, CTS se caracteriza por destacar estas relaciones mutuas, idea central que actúa como directriz de los objetivos, contenidos, metodología y evaluación de esta orientación. Un instrumento predominante en la evaluación CTS como el cuestionario *Views on Science-Technology-Society –VOSTS–* (Aikenhead y Ryan, 1989, 1992) y su versión adaptada al castellano –COCTS– (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003; Vázquez y Manassero, 1999) proporcionan una tabla de especificaciones de sus contenidos que resulta también suficientemente explícita para mostrar la semejanza de algunos contenidos CTS con los de NdC. Sin

embargo, en esta orientación CTS las relaciones entre la sociedad, la ciencia y la tecnología tienen un peso relativamente mayor que los elementos específicamente epistemológicos, como se pone de manifiesto en la tabla 2.

Tabla 2.

**Tabla de contenidos de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS)
correspondientes a la naturaleza de la ciencia**

TEMAS	SUBTEMAS
DEFINICIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
1. <u>Ciencia y Tecnología</u>	01. Ciencia; 02. Tecnología; 03. I+D; 04. Interdependencia.
SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA	
2. <u>Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/Tecnología</u>	01. Gobierno; 02. Industria; 03. Ejército; 04. Ética; 05. Instituciones educativas; 06. Grupos de presión; 07. Influencia sobre científicos; 08. Influencia general.
4. <u>Influencia de Ciencia/Tecnología sobre la Sociedad</u>	01. Responsabilidad social; 02. Decisiones sociales; 03. Problemas sociales; 04. Resolución de problemas; 05. Bienestar económico; 06. Contribución al poder militar; 07. Contribución al pensamiento social; 08. Influencia general.
5. <u>Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad</u>	01. Unión de las dos culturas; 02. Fortalecimiento social; 03. Caracterización escolar de la ciencia.
SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA	
6. <u>Características de los científicos</u>	01. Motivaciones; 02. Valores y normas; 03. Ideologías; 04. Capacidades; 05. Efecto del género; 06. Infrarrepresentación de las mujeres.
7. <u>Construcción social del conocimiento científico</u>	01. Colectivización; 02. Decisiones científicas; 03. Comunicación profesional; 04. Competencia profesional; 05. Interacciones sociales; 06. Influencia de individuos; 07. Influencia nacional; 08. Ciencia pública vs. privada.
8. <u>Construcción social de la Tecnología</u>	01. Decisiones tecnológicas; 02. Tecnología autónoma.
EPISTEMOLOGÍA	
9. <u>Naturaleza del conocimiento científico</u>	01. Observaciones; 02. Modelos científicos; 03. Esquemas de clasificación; 04. Provisionalidad; 05. Hipótesis, teorías y leyes; 06. Aproximación a las investigaciones; 07. Precisión e incertidumbre; 08. Razonamiento lógico; 09. Supuestos de la ciencia; 10. Estatus epistemológico; 11. Paradigmas vs. coherencia de conceptos.

En resumen, aunque los aspectos epistemológicos de la ciencia y la tecnología pueden considerarse el núcleo duro de la NdC, en un sentido más amplio, también se deberían entender como propios de la NdC todos aquellos asuntos que van más allá de los productos o resultados de la ciencia –los contenidos fácticos y conceptuales–, tales como los procesos y diseños de la ciencia, los valores que impregnan a éstos, las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad, las relaciones sociales

internas a la comunidad científica, las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia en elaboración, etc. En lo sucesivo se mantendrá la denominación genérica de NdC para abarcar todo este amplio espectro de contenidos y temas sobre la ciencia, la tecnología y sus relaciones con la sociedad.

3. LA TRADICIÓN FILOSÓFICA DE DISENSO Y “LA GUERRA DE LAS CIENCIAS”

Los análisis históricos, sociológicos y filosóficos de la ciencia y la tecnología se han planteado la reflexión sobre la descripción y explicación de la actividad científica y la validación del conocimiento científico desde Francis Bacon, pero sobre todo en el siglo XX. Esta academia humanista se caracteriza por el ejercicio de una crítica permanente, pero tiene algunos inconvenientes, tales como dar una imagen de la NdC como un área de disenso y litigio constantes, producir controversias poco comprensibles para los especialistas externos a esa comunidad, debilitar el compromiso con la validación de sus propias afirmaciones, paralizar cualquier propuesta para la ciencia misma y, a menudo, para su didáctica y educación. Las escasas posibilidades de acuerdo, que podrían servir de base para la enseñanza de las ciencias, destacan por su fragilidad y brevedad, pues la necesidad de nuevas críticas para alimentar la dinámica propia de su metodología diluye las posibilidades de acuerdo en un océano de críticas constantes. De este modo, se impide como valiosa cualquier aceptación mayoritaria y ninguna representación emergente de la ciencia es capaz de superar las críticas (Laudan, 1990).

En los últimos años, como reacción a los excesos postmodernos de la denominada “*izquierda académica*” –representada sobre todo por relativistas y social-constructivistas radicales–, las polémicas sobre la ciencia han convertido la NdC en un terreno continuamente contestado y roto los moldes de esta academia humanista, donde están adscritos esos dos grupos, entrando ahora en liza los propios científicos. El inicio de esta nueva polémica ha sido el enorme impacto causado por un libro de Gross y Levitt (1994) y una broma pesada al socaire del mismo (Sokal, 1996), seguida de un virulento enfrentamiento entre las comunidades de “letras” y “ciencias” que ha recibido el nombre de “*la guerra de las ciencias*”. Sokal consiguió publicar en *Social Text* –una revista matriz de esa “*izquierda académica*”– un artículo bufo, revestido de la palabrería y la dialéctica propia del grupo objeto de su burla, poniendo de manifiesto la irrelevancia, superficialidad y falta de sentido en que ha caído buena parte de la crítica radical postmoderna sobre la ciencia y la tecnología. La polémica entre los científicos y sus críticos ha continuado hasta el presente, cruzándose mutuas acusaciones y reproches, de modo que “*la guerra de las ciencias*” no sólo escarnecería la incapacidad de los especialistas para ponerse de acuerdo sobre los rasgos de la ciencia, sino que, además, escenifica por primera vez el rechazo frontal por parte de los científicos de las afirmaciones postmodernas más extremas.

Si bien el debate entre los científicos y sus críticos es muy enconado, desde una perspectiva externa a ambos grupos podría ser saludable, pues permitiría arrojar más luz sobre los aspectos centrales de la ciencia, como la verdad, la racionalidad, la unidad y la autonomía de la ciencia. Aunque “*la guerra de las ciencias*” promueve discusiones de alto nivel, donde las divergencias se encuentran aparentemente muy lejos de la educación científica, sin duda estos debates también afectan a la enseñanza de la NdC.

En la línea del disenso, un trabajo de Alters (1997) pretendió ofrecer pruebas empíricas de esta falta de acuerdo mediante una encuesta realizada a más de dos centenares de filósofos. El autor concluyó que las respuestas revelan desacuerdos, incluso en los temas más básicos de la epistemología de la ciencia y, dado que ninguna posición es más destacada que las demás, la enseñanza de la NdC debería realizarse

quizá desde una perspectiva de mayor pluralismo epistemológico. No obstante, este trabajo ha sido ampliamente contestado, pues al analizar con detenimiento algunos de sus datos surgen objeciones importantes (Smith *et al.*, 1997). En primer lugar, aunque Alters los margina, sus propios datos permiten identificar acuerdos restringidos, pero apreciables, en algunas cuestiones concretas. Segundo, la metodología es discutible por el tipo de instrumento aplicado, tal vez excesivamente sesgado hacia los temas más polémicos de la NdC y, por ello, induce más al disenso que al consenso. Tercero, la homogeneidad de la muestra, constituida exclusivamente por filósofos, sin incluir a otros profesionales o especialistas del área, restringe y sesga la validez de los resultados, debido a la tendencia natural de los filósofos a criticar y disentir más que a consensuar o, en todo caso, a reflejar una opinión propia de grupo. Como sugieren Osborne *et al.* (2003), si el mismo cuestionario se hubiera sometido a otro grupo diferente – por ejemplo, físicos– probablemente se hubieran encontrado acuerdos importantes. Por tanto, aunque la complejidad dialéctica y el disenso existen en la NdC, incluso en un trabajo enfocado a resaltar los desacuerdos como el de Alters (1997) parece que también emerge algún consenso, de modo que la investigación en didáctica de las ciencias debería quizá centrarse en identificar esos acuerdos potenciales.

4. EVIDENCIAS POR EL CONSENSO

Desde hace décadas, algunos estudios han investigado las actitudes científicas de profesores de ciencias y científicos mediante diversas metodologías, en las que predominan las entrevistas y las encuestas. Aunque estos estudios no estaban dirigidos a la identificación de acuerdos sobre la NdC, constituyen una primera aproximación en la búsqueda de pruebas de ellos. Puede decirse que, en general, abunda más en el profesorado de ciencias la visión de una “*ciencia de gabinete*” y academicista que hoy parece superada, a pesar de los desacuerdos sugeridos en el apartado anterior. Esta visión es predominantemente positivista en lo filosófico, inductivista en lo empírico, racionalista y objetivista en lo metodológico, realista en lo ontológico, confirmacionista en la justificación del conocimiento, dogmática y descontextualizada en los supuestos básicos, etc., muy alejada, ciertamente, de una perspectiva más ajustada a la realidad de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas. Los resultados de estas investigaciones deben tomarse con cierta precaución, debido a los importantes defectos metodológicos de los instrumentos empleados (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Lederman, 1992; Vázquez y Manassero, 1995), pero han contribuido a crear en la didáctica de las ciencias una línea de investigación basada en la posibilidad de encontrar acuerdos sobre la NdC.

Un precedente favorable a los acuerdos sobre la NdC han sido las revisiones de algunos autores (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Lederman, 1999), que sostienen la existencia de cierto consenso entre historiadores, filósofos y profesores de ciencias en algunos temas. Según éstos, el conocimiento científico es hipotético, provisional, sujeto a cambios, empíricamente fundamentado (derivado de observaciones del mundo natural), parcialmente subjetivo (cargado de teoría), cuya construcción requiere inferencias (razonamientos), imaginación y creatividad (inventar explicaciones), debiendo distinguirse las observaciones de las inferencias (razonamientos) y con relaciones complejas entre las leyes y las teorías científicas. Además, el conocimiento científico está social y culturalmente impregnado, de modo que no existe un único método científico universal para resolver situaciones problemáticas.

Como se ha apuntado más arriba, una primera prueba a favor del consenso sobre la NdC proviene de la certera crítica de Smith *et al.* (1997) al mencionado estudio de Alters (1997) favorable a la tesis del

disenso. Los resultados obtenidos hicieron concluir a Alters que no hay acuerdo entre los filósofos de la ciencia respecto a 11 proposiciones básicas sobre NdC, porque los 210 filósofos encuestados no mostraban un acuerdo total. Sin embargo, un examen más detenido de estos resultados permite interpretarlos en un sentido parcial de consenso, en lugar de la interpretación de disenso que dio su autor, pues alguna proposición llega a alcanzar porcentajes de acuerdo muy altos, que pueden llegar hasta el 75%.

En otra crítica del trabajo de Alters (1997), Eflin, Glennan y Reisch (1999) han resumido también algunos de los principales acuerdos y desacuerdos acerca de la NdC entre los expertos en educación científica. Según estos autores, el consenso se puede centrar en que:

- El principal propósito de la ciencia es adquirir conocimiento sobre el mundo físico.
- En el mundo hay un orden fundamental que la ciencia pretende describir de la manera más simple y comprensiva posible.
- La ciencia es cambiante, dinámica y provisional.
- No existe un único método científico.
- Mientras que los desacuerdos más importantes aparecen en los siguientes puntos:
- La generación del conocimiento científico depende de compromisos teóricos y factores contextuales sociales e históricos –contextualismo–.
- La verdad de las teorías científicas viene determinada por aspectos del mundo que existen de modo independiente de los científicos –realismo ontológico–.

Eflin, Glennan y Reisch (1999) suponen que casi todos los filósofos de la ciencia y los propios científicos están de acuerdo con los didactas de la ciencia en los puntos de consenso señalados. También subrayan que aquellos aspectos donde no hay acuerdo entre los expertos en educación científica son bastante controvertidos también para los filósofos de la ciencia.

El estudio de ocho documentos curriculares internacionales muestra una perspectiva más amplia y concreta del acuerdo sobre la NdC alcanzado en la educación científica (McComas, Clough y Almazroa, 1998). En la tabla 3 se recogen 16 proposiciones que representarían este consenso, interpretado a través de los contenidos de todos los documentos analizados por McComas y Olson (1998).

Tabla 3.

Proposiciones que representarían un consenso sobre la NdC interpretado de diversos documentos curriculares (McComas, Clough y Almazroa, 1998)*

√ Aunque es duradero, el conocimiento científico <u>tiene carácter provisional</u> .
√ El conocimiento científico se basa fundamentalmente, pero no por completo, en observación, <u>pruebas empíricas</u> , argumentos racionales y escepticismo.
√ No existe una sola manera de hacer ciencia; por consiguiente, no hay ningún método científico universal en etapas sucesivas.

- √ La ciencia es un esfuerzo por explicar los fenómenos naturales.
- √ Las leyes y teorías desempeñan papeles diferentes en la ciencia; las teorías no se convierten en leyes acumulando más pruebas adicionales.
- √ Las personas de todas las culturas contribuyen a la ciencia.
- √ El conocimiento nuevo debe comunicarse clara y abiertamente.
- √ Los científicos exigen disponer de registros exactos, someterse a la revisión por iguales, información veraz y la posibilidad de replicar los resultados.
- √ Las observaciones científicas están cargadas de teoría.
- √ Los científicos son creativos.
- √ La historia de la ciencia revela a la vez un carácter evolutivo y revolucionario.
- √ La ciencia es parte de las tradiciones sociales y culturales.
- √ La ciencia y la tecnología interactúan entre sí.
- √ Las ideas científicas están influidas por su entorno histórico y social.
- √ La ciencia tiene implicaciones globales.
- √ Los científicos toman decisiones éticas.

(*) Se han subrayado las características que están presentes en seis o más de los ocho documentos internacionales analizados por McComas y Olson (1998).

Por otra parte, Rubba y Harkness (1993) desarrollaron un conjunto de diez cuestiones de opciones múltiples –el TBA-STS (*Teacher's Belief about Science-Technology-Society*)– para investigar las creencias del profesorado de ciencias sobre las relaciones CTS. Para evaluar las respuestas, Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness (1996) asignaron un valor “Realista”, “Meritorio” o “Ingenuo”, a cada una de las frases de las opciones múltiples de las cuestiones, después de someterlas a la valoración de cinco jueces expertos –todos ellos científicos–. Los resultados obtenidos muestran también una forma de consenso, aunque el valor asignado más relevante para lo que aquí se discute –la NdC– son las afirmaciones consideradas “realistas” por los jueces (véase la tabla 4). No obstante, el análisis de los resultados de las decisiones de los jueces mostró que dos de ellos discrepaban de los otros tres casi siempre, sugiriendo la necesidad de usar un mayor número de jueces –como mínimo nueve– y el acuerdo de al menos siete de los nueve jueces como criterio para decidir el consenso.

Tabla 4.
Afirmaciones sobre la naturaleza de la ciencia consideradas realistas –adecuadas–
por Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness (1996)

<p>10111 Definir qué es la ciencia es difícil porque ésta es algo compleja y engloba muchas cosas. Pero la ciencia PRINCIPALMENTE es:</p> <p>H. Un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.</p>
<p>10113 El proceso de hacer ciencia se describe mejor como... :</p> <p>F. Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo y comprobar la validez de las explicaciones.</p>
<p>10211 Definir qué es la tecnología puede resultar difícil porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:</p> <p>G. Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores; y para el progreso de la sociedad.</p>
<p>10412 ¿La ciencia influye en la tecnología?</p> <p>E. La ciencia es el conocimiento base para la tecnología.</p>
<p>10413 ¿La tecnología influye en la ciencia?</p> <p>C. La disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica.</p> <p>F. La tecnología suministra herramientas y técnicas para la ciencia.</p>
<p>20811 ¿La sociedad influye en la tecnología?</p> <p>D. La sociedad vota a favor o en contra de ciertas tecnologías cada vez que compramos algo.</p> <p>F. La sociedad crea demandas a la tecnología y las restringe basándose en los valores de lo que es importante para mejorar la vida.</p>
<p>20821 ¿La sociedad influye en la ciencia?</p> <p>D. La sociedad determina qué tipo de investigación científica es aceptable, basándose en nuestros valores morales y éticos.</p> <p>F. La sociedad influye en la ciencia a través de las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.</p>

<p>40811 ¿La tecnología influye en la sociedad?</p> <p>C. La tecnología forma parte de todos los aspectos de nuestras vidas, desde el nacimiento hasta la muerte.</p> <p>D. La tecnología influye en la sociedad por la manera en que ésta la utiliza.</p> <p>E. La tecnología proporciona a la sociedad los medios para mejorar o destruirse a sí misma, dependiendo de cómo se ponga en práctica.</p> <p>F. La sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología.</p>
<p>40821 ¿La ciencia influye en la sociedad?</p> <p>D. La ciencia capacita a las personas para poder conocer el mundo.</p>
<p>90511 Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías y, finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes.</p> <p>Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a leyes:</p> <p>E. Las teorías no pueden convertirse en leyes porque ambas son ideas de distinta clase. Las leyes describen fenómenos naturales. Las teorías explican fenómenos naturales. Por tanto, las teorías no pueden convertirse en leyes. Sin embargo, con pruebas que las apoyen, las hipótesis pueden convertirse en teorías (explicaciones) o leyes (descripciones).</p>

En otro estudio hecho con una metodología Delphi de tres etapas en el que participaron 23 expertos, Osborne *et al.* (2003) han tratado de establecer empíricamente un posible consenso acerca de las “*ideas sobre la ciencia*” que deberían enseñarse a los estudiantes. Después de las tres etapas, con criterios exigentes para el consenso y estabilidad entre ellas como el acuerdo de dos tercios de los expertos y una puntuación media superior o igual a 4 en una escala de 5 puntos, se decantó un conjunto de ideas clave agrupadas en diez temas como base para construir un currículo escolar de NdC (véase la tabla 5).

La lectura detenida de la tabla 5 muestra que la serie de acuerdos establecida por estos investigadores está centrada en lo que se denomina más propiamente epistemología de la ciencia, con una pequeña concesión a la historia de la ciencia y a la sociología interna de la ciencia en el tema denominado cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico.

La comparación de los consensos obtenidos por Osborne *et al.* (2003) con los de McComas y Olson (1998) pone claramente de manifiesto que las relaciones CTS no se consideran en el primer caso. Por ejemplo, los temas “la ciencia tiene implicaciones globales”, “los científicos toman decisiones éticas” y “las personas de todas las culturas contribuyen a la ciencia”, citados en el segundo estudio, no tienen equivalentes en el primero. Así mismo, el tema CTS “la ciencia forma parte de las tradiciones culturales y sociales”, con un contenido social claramente externo a la ciencia, se equipara de modo sorprendente en el trabajo de Osborne *et al.* (2003, p. 713) al tema “cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico”, cuyo sentido es más bien interno al sistema tecnocientífico, a juzgar por las ideas incluidas en él. Las relaciones de la ciencia con la sociedad o con la tecnología son una ausencia muy notable en los acuerdos establecidos en ese trabajo, como los propios autores reconocen. Esta omisión no

es debida a su olvido en el planteamiento de la investigación, sino a su eliminación en el proceso de selección al aplicar los criterios establecidos para el consenso.

Tabla 5.
Ideas sobre la ciencia que consiguen el consenso y deberían enseñarse
en la ciencia escolar (Osborne et al., 2003)

TEMAS	Recomendaciones para el currículo. Debe enseñarse que ...
Ciencia y curiosidad	Un aspecto importante del trabajo científico es el continuo proceso cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas. Este proceso hace emerger nuevas teorías y técnicas científicas que se prueban empíricamente.
Creatividad	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación, como sucede en tantas otras actividades humanas, y algunas ideas científicas son logros intelectuales extraordinarios. Los científicos, lo mismo que otros profesionales, son humanos, apasionados y están comprometidos en su trabajo. También confían en la inspiración y la imaginación.
Hipótesis y predicción	Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones sobre los fenómenos naturales. Este proceso es esencial para el desarrollo de nuevos conocimientos.
Métodos científicos y comprobación crítica	La ciencia usa un método experimental para probar las ideas y, en particular, ciertas técnicas básicas como el control de variables. Además, el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento.
Análisis e interpretación de datos	La práctica científica implica destrezas de análisis e interpretación de los datos. Los conocimientos científicos no surgen simplemente de los datos, sino después de un proceso de interpretaciones y construcción de teorías, lo que requiere sofisticadas habilidades. También es posible y legítimo que los científicos den diferentes interpretaciones de los mismos datos y, por tanto, discrepen.

Diversidad del pensamiento científico	La ciencia utiliza una serie de métodos y enfoques; no existe un único método científico.
Ciencia y certeza	Gran parte del conocimiento científico, sobre todo en la ciencia escolar, está bien establecido y fuera de toda duda razonable, pero otra parte es más dudosa. El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede estar sujeto a cambio en el futuro ante nuevas pruebas o nuevas interpretaciones de las antiguas.
Desarrollo histórico del conocimiento científico	Es necesario conocer un poco de historia sobre el desarrollo del conocimiento científico.
Dimensiones morales y éticas del desarrollo del conocimiento científico	Las decisiones en la aplicación del conocimiento científico y técnico no son neutrales; por tanto, podrían entrar en conflicto con valores morales y éticos de diversos grupos sociales.
Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico	El trabajo científico es una actividad colectiva y, a la vez, competitiva. Aunque algunos individuos pueden hacer contribuciones significativas, con mucha más frecuencia el trabajo científico se lleva a cabo en grupo, a menudo con carácter multidisciplinar e internacional. Generalmente, los nuevos conocimientos se comparten y, para ser aceptados por la comunidad científica, deben superar un proceso de revisión crítica por los colegas.

Unas ideas sobre la ciencia desprovistas de las relaciones de ésta con la tecnología y con la sociedad parecen dar una imagen tal vez muy segura, pero ciertamente incompleta de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas. En este estudio se mostrará que también existen acuerdos apreciables sobre los temas que no aparecen en la propuesta de Osborne *et al.* (2003).

5. METODOLOGÍA

Muestra

El método elegido para fijar los posibles acuerdos sobre la NdC se basa en recoger los juicios de un panel de expertos mediante una encuesta directa que valora cuestiones problemáticas concretas de NdC desde una perspectiva CTS más amplia. Los expertos actúan como jueces con distintas opiniones que se sopesan para obtener los acuerdos más sobresalientes y la opinión mayoritaria más apreciada. El método de jueces ha sido aplicado en distintos campos para clasificar afirmaciones diversas sobre un tema especialmente controvertido (Eagly y Chaiken, 1993). Este recurso a los jueces pretende establecer el juicio más valioso sobre una cuestión en una comunidad de expertos y también permite dar cuenta de la magnitud del consenso en el juicio.

Uno de los factores claves de esta técnica es establecer el número de jueces más adecuado para optimizar la fiabilidad del juicio a partir de sus valoraciones individuales. No existe una norma clara sobre el

número más idóneo, pero un mayor tamaño de la muestra suele repercutir en la mayor fiabilidad de los resultados, aunque por encima de cierto número de jueces ya no se consiguen mejoras importantes. Sin embargo, la tarea de juzgar un tema tan complejo como el de la NdC tiene más dificultades relacionadas con la importancia de la pericia de los jueces acerca del tema a valorar que con el número de ellos; en todo caso, debe garantizarse un número mínimo de jueces para evitar sesgos. Como la población de expertos disponibles tampoco es muy amplia, porque la pericia en NdC no es fácil de alcanzar, la muestra de jueces tampoco podrá ser muy grande.

En este contexto, el principal criterio para seleccionar los candidatos a formar el panel de especialistas es reunir el perfil de una persona con una especialidad reconocida en la investigación, la enseñanza o el uso de temas de NdC. Para satisfacer este criterio se localizó una serie de personas cuyo interés por el área de NdC está probado mediante publicaciones, participaciones en congresos, actividades profesionales, etc. Inicialmente, se intentó conseguir una muestra de una veintena de expertos, para lo cual se tomó contacto con 26 especialistas que tenían las características señaladas. La variedad de antecedentes profesionales de los expertos con los que se contactó –investigadores en didáctica de las ciencias, filósofos de la ciencia, profesores y asesores de ciencias– garantiza una diversidad de puntos de vista respecto al tema, que debería traducirse en la interdisciplinariedad característica de esta área mediante la pluralidad de juicios emitidos. Por diversas razones –rehusar a la participación o no llegar a completar totalmente el trabajo propuesto– la muestra definitiva es de 16 jueces; todos ellos 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). De ellos, 5 son mujeres y 4 son licenciados en filosofía, uno de ellos simultáneamente también en ciencias, mientras que los restantes (12) son licenciados en ciencias (física, química, biología y geología). Los jueces ejercen como profesores de secundaria (5), asesores de ciencias de centros de formación del profesorado (4), profesores de universidad e investigadores (7) y la mayoría de ellos (12) tienen una actividad investigadora reconocida en el ámbito de la didáctica de las ciencias o en la educación CTS.

Instrumento

Para obtener las opiniones de los jueces sobre los temas de NdC se empleó como instrumento el Cuestionario de Opiniones sobre CTS –COCTS– constituido por 100 cuestiones de opción múltiple (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003), que contienen un total de 637 frases donde se reflejan distintas creencias y actitudes sobre la NdC desde una perspectiva CTS más amplia. 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 tema planteado (entre 6 y 7 frases de promedio por cuestión).

Un aspecto importante a resaltar del COCTS es su construcción empírica a partir de entrevistas y respuestas abiertas de estudiantes y profesores interpretadas cualitativamente, de modo que las frases incluidas en sus *items* sintetizan una gran diversidad de creencias sobre cada tema (Manassero y Vázquez, 1998). El COCTS es básicamente una adaptación a nuestro contexto de las cuestiones del VOSTS (Aikenhead y Ryan, 1992) y del TBA-STs (Rubba y Harkness, 1993). Los temas que se tratan en sus cuestiones están resumidos en la tabla 2.

Procedimiento

Para evitar sesgos inducidos por una posible diferencia en la comprensión de la tarea a realizar, los jueces recibieron instrucciones escritas normalizadas explicándoles el objetivo de la investigación y lo que tenían que hacer. 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 6. La asignación de un valor alto a una frase por un juez significa que está más de acuerdo en que ésta refleja una actitud adecuada, mientras que los valores más bajos significan que representa una actitud ingenua o inadecuada respecto a la cuestión planteada. Los nueve valores de la escala se dividieron en tres intervalos cuyos significados, por la definición explícita de la escala, se corresponden con las tres categorías siguientes:

- Puntuaciones 1 a 3: categoría de frases ingenuas o inadecuadas (I).
- Puntuaciones 4 a 6: categoría de frases plausibles o parcialmente aceptables (P).
- Puntuaciones 7 a 9: categoría de frases adecuadas o apropiadas (A).

Tabla 6.
Escala de valoración de cada frase del COCTS por los jueces
con la interpretación de su significado

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

Adecuada: La frase expresa una creencia apropiada desde la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia.

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.

Ingenua: La frase expresa una creencia que no es ni apropiada ni plausible.

Estas asignaciones definen intervalos naturales de puntuaciones sobre la escala con un significado fijo. Los intervalos para las puntuaciones en el rango 1 a 3 corresponden a distinto grado de acuerdo para las frases ingenuas, 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).

Las puntuaciones directas dadas 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 los votos a favor de la categoría a la que corresponde la puntuación emitida. Se considera que hay consenso en una frase cuando una mayoría cualificada de dos tercios de los jueces (11 sobre 16) coinciden en asignar una puntuación adecuada (7, 8 ó 9) a una frase. En estas condiciones se estima que hay acuerdo en que ésta representa una actitud adecuada y, por tanto, que su contenido podría y debería enseñarse en el currículo de ciencias.

Resultados

Los resultados de este estudio corresponden a las diversas actitudes sobre las cuestiones CTS del COCTS que han alcanzado el criterio de consenso señalado entre los jueces expertos. La frase consensuada es única para muchas de las cuestiones planteadas, aunque hay algunos casos con dos o tres y una mayoría donde no hay ninguna por no satisfacer el exigente criterio aplicado; cabe señalar también que algunas frases se han quedado a un solo voto de alcanzar la mayoría de dos tercios. De cada frase que alcanza el consenso se muestra su texto y la letra correspondiente, que indica su orden relativo en la cuestión a la que pertenece, precedido de una clave de cinco cifras que acompaña al texto que introduce el tema planteado en cada cuestión.

De las 637 frases existentes, 41 alcanzaron el consenso exigido entre los jueces, las cuales se presentan en las tablas 7 a 10. La primera de ellas incluye las correspondientes a la epistemología, agrupando las dimensiones originales del COCTS número 1 –definiciones de ciencia y tecnología– y 9 –epistemología de la ciencia–, que en la tabla 7 se han denominado conjuntamente como epistemología. Las otras tres tablas recogen las frases consensuadas relativas a los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, tanto internos como externos a ambas. La tabla 8 abarca los aspectos relacionados con la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad (dimensión 2 del COCTS), la tabla 9 muestra los resultados para las cuestiones que tratan la influencia inversa –la sociedad sobre la ciencia y la tecnología– (dimensión 4 del COCTS) y, por último, la tabla 10 reúne las frases consensuadas sobre los aspectos de la sociología interna de la ciencia y la tecnología.

Consensos sobre epistemología

Las tres frases consensuadas en las cuestiones de la dimensión 1 (definiciones de ciencia y tecnología) se refieren a las relaciones entre la ciencia y la tecnología (10311, 10411, 10421), mostrando un común denominador todas ellas, el cual sostiene una interacción profunda y una combinación circular entre ambas que exige su desarrollo simultáneo a través de I+D+I (véase la tabla 7). Es importante destacar también que ninguna de las dos cuestiones en las que se proponían respectivamente una definición explícita para la ciencia y la tecnología han conseguido el consenso, lo cual muestra hasta qué punto aún resulta difícil llegar a un acuerdo sobre lo que es la ciencia y la tecnología, como ha señalado Rudolph (2003).

Las cuestiones de la dimensión 9 (epistemología) que alcanzan un consenso corresponden a la observación científica (90111), la naturaleza de los esquemas de clasificación (90311), el carácter provisional del conocimiento científico (90411), las suposiciones que hacen los científicos (90521), el método científico (90621), el papel de los errores en la investigación científica (90651), el razonamiento lógico (90811) y el estatus epistemológico del conocimiento científico (91011).

La primera frase sobre la que hay consenso se refiere a la carga teórica de las observaciones; de otra forma, los científicos observan cosas diferentes si sostienen teorías distintas.

La cuestión de la naturaleza de los sistemas de clasificación muestra dos acuerdos contrarios al realismo que son coherentes entre sí, aunque expresados de forma diferente. El primero refleja la naturaleza dinámica y provisional del conocimiento científico, aceptando la posibilidad de distintos sistemas de clasificación, y el segundo reitera la carga teórica del conocimiento científico, ya expresado en la frase consensuada de la cuestión anterior.

La tercera cuestión muestra el acuerdo en torno a la naturaleza provisional, hipotética y cambiante del conocimiento científico, justificada en este caso por la reinterpretación del mismo a la luz de nuevos descubrimientos.

El progreso lineal y acumulativo del conocimiento científico es refutado por el consenso acerca de la naturaleza de las hipótesis científicas, sosteniéndose que la ciencia progresa desde hipótesis que se confirman, pero también desde teorías y suposiciones que se refutan.

El acuerdo sobre la metodología científica reconoce la influencia de la originalidad y la creatividad como características de los científicos en el desarrollo de su trabajo.

El consenso sobre la utilidad de los errores en el progreso de la ciencia, si se utilizan para aprender más, vuelve a aparecer en otra cuestión sobre la metodología científica.

La cuestión correspondiente al razonamiento lógico basado en inferencia estadística suscita un acuerdo sobre la distinción entre correlación y causalidad, en el que subyace también la crítica a la injustificación lógica del principio de inferencia.

El último consenso epistemológico se refiere a la cuestión de la naturaleza real o inventada del conocimiento científico, 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–. El acuerdo se decanta por la interpretación instrumental –los científicos inventan para interpretar– con un matiz realista ontológico –pero no inventan lo que la naturaleza hace–.

Tabla 7.

Proposiciones correspondientes a la epistemología de la ciencia que alcanzan un consenso mayoritario –dos tercios– entre los jueces

<p>10311 Ciencia y tecnología son muy importantes para la investigación y el desarrollo (I+D) de la industria del país. ¿Que significado tiene para ti "investigación y desarrollo" (I+D)?</p> <p>F. I+D significa una combinación de ciencia y tecnología. La investigación conduce al desarrollo y el desarrollo lleva a una investigación mejorada.</p>
<p>10411 La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:</p> <p>B. Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.</p>

<p>10421 Para mejorar la calidad de vida del país, sería mejor gastar dinero en investigación tecnológica EN LUGAR DE en investigación científica.</p> <p>Invertir en ambas:</p> <p>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.</p>
<p>90111 Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.</p> <p>A. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.</p>
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
<p>90411 Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.</p> <p>El conocimiento científico cambia:</p> <p>B. Porque el conocimiento viejo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.</p>
<p>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.</p> <p>Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:</p> <p>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.</p>
<p>90621 Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.</p> <p>C. El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.</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</p>

nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.
<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, ¿quiere decir esto 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>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>

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

La influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología se ha planteado desde varias 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 8).

El modelo de la interacción simultánea (30111) entre la ciencia, la tecnología y la sociedad muestra un consenso respecto a dos diagramas con dos rasgos en común, como son la representación de todas las interacciones posibles entre los tres elementos –cada uno con los otros dos– y en ambos sentidos de la interacción, esto es, desde la ciencia hacia la sociedad y viceversa, desde la ciencia hacia la tecnología y viceversa, etc. En suma, se reconoce la interacción entre los tres elementos CTS y también que la influencia tiene lugar siempre en ambos sentidos.

Cuando se propone la influencia general de la sociedad sobre la ciencia (20821) se alcanza el consenso de los jueces, justificado por el control que la sociedad ejerce sobre la ciencia mediante las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones científicas. Cabe destacar que en otra cuestión paralela acerca de la influencia general de la sociedad sobre la tecnología no se consigue el acuerdo, aunque está próximo, pues sólo falta un voto para lograrse la mayoría cualificada.

La influencia del gobierno sobre la ciencia a través del diseño de la política científica de un país es consensuada en dos cuestiones (20141 y 20151) que la plantean con textos ligeramente diferentes. Los gobiernos establecen la política de un país que afecta a los proyectos que realizan los científicos y, formulado en negativo, este consenso afirmarí que los científicos no trabajan aislados de la sociedad a la que pertenecen, una posición que está en contra del mito del aislamiento en una torre de marfil. El hecho de

que los jueces lleguen a un acuerdo acerca de la misma justificación en dos cuestiones un poco distintas puede ser un indicador de consistencia interna entre los jueces.

La influencia de la educación, como institución social, sobre el futuro de la ciencia y la tecnología alcanza el consenso también en dos frases de dos cuestiones diferentes (20511 y 20521). Para el éxito de la ciencia y la tecnología los alumnos deben: a) estudiar más ciencias, pero de un tipo diferente al habitual, que muestre cómo la ciencia y la tecnología afectan a sus vidas diarias, y b) saber cómo se usan la ciencia y la tecnología en el país para estar más informados, formarse opiniones más rigurosas y hacer mejores contribuciones como ciudadanos. El primero de los acuerdos refleja la tesis fundamental de la alfabetización científica y tecnológica, mientras que el segundo se dirige a la formación científica para una ciudadanía responsable, un aspecto central de la ciencia para todas las personas.

Tabla 8.

Proposiciones correspondientes a la influencia de la sociedad sobre la ciencia y tecnología que alcanzan un consenso mayoritario –dos tercios– entre los jueces

<p>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).</p> <p>Los científicos están afectados por la política de su país:</p> <p>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.</p>
<p>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).</p> <p>Los científicos están afectados por la política de su país:</p> <p>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.</p>
<p>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.</p> <p>Se necesita que los alumnos estudien más ciencias:</p> <p>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.</p>
<p>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.</p> <p>Sí, cuanto más aprendan los estudiantes sobre ciencia y tecnología:</p>

<p>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.</p>
<p>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.</p> <p>La educación es responsable sobre todo:</p> <p>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.</p>
<p>20821 ¿La sociedad influye en la ciencia?</p> <p>F. La sociedad influye en la ciencia a través de las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.</p>
<p>30111 ¿Cual de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad?</p> <p>E y F. Representan dos diagramas que, en ambos casos, muestran interacciones entre los tres elementos –cada uno con los otros dos– en ambos sentidos. Ambos diagramas se diferencian solamente en que en uno de ellos la intensidad de todas las relaciones es siempre la misma (E), mientras que en el otro las relaciones mutuas entre la ciencia y la sociedad son menos intensas que las de cada una de ellas con la tecnología (F), la cual se convierte así en el elemento central de los tres.</p>

El incentivo para formar más científicos en el país (20711) es visto por consenso como un 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.

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

La influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad se ha propuesto mediante diversas cuestiones que contemplan la responsabilidad social de los científicos, la toma de decisiones cívicas en asuntos tecnocientíficos, los problemas que crean la ciencia y la tecnología, así como la contribución de ambas a la resolución de problemas sociales, al bienestar económico, al poder militar o al pensamiento social (véase la tabla 9). Solamente no se ha logrado consenso en los temas relativos a la influencia de la ciencia y la tecnología en el poder militar y el pensamiento social.

Las cuestiones generales de la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad sólo alcanzan un acuerdo mayoritario en el caso de la tecnología (40811): la sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología.

La responsabilidad de los científicos respecto a los efectos derivados de sus descubrimientos muestra sendos consensos en dos frases correspondientes a dos cuestiones (40111 y 40131):

- Los científicos se preocupan de los efectos de sus descubrimientos, pero posiblemente no los conocen todos, en especial si son a largo plazo.

- Los científicos son responsables de informar al público en general sobre sus descubrimientos de una manera inteligible, como derecho de la ciudadanía.
- La contaminación producida por las industrias es también un tema que genera acuerdos muy importantes (40161), pues se consiguen en tres frases diferentes:
- Los efectos de la contaminación sobre la Tierra son globales, independientemente de donde se produzcan.
- 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.
- La contaminación debería ser limitada tanto como sea posible, pues trasladarla a otro sitio sólo extendería los daños.
- La toma de decisiones en temas relacionados con la ciencia y la tecnología en diferentes ámbitos como el social –decisiones sociocientíficas– (40211), el moral (40221) o el legal (40231), muestra algunos consensos interesantes:
- Las decisiones sobre 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.
- Las decisiones morales corresponden a las personas; la ciencia y la tecnología sólo pueden ayudar a tomar estas decisiones aportando información básica.
- En algunos casos la ciencia y la tecnología pueden ayudar a las personas a tomar decisiones legales (por ejemplo, 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.

La dicotomía inversión pública en ciencia y tecnología frente a otras necesidades sociales da lugar al consenso en una posición ecléctica que propugna un gasto equilibrado entre el progreso tecnocientífico y los diversos programas sociales (40321).

La capacidad de la ciencia y la tecnología para dar respuesta a diversos problemas sociales y para mejorar el nivel de vida suele moverse entre posiciones científicas o tecnocráticas –fe ilimitada en la ciencia o la tecnología– y anticientíficas. El conjunto de acuerdos sobre estas cuestiones (40441, 40451 y 40531) se sitúa en una posición intermedia, optando por un punto de vista limitado de las capacidades de la ciencia y la tecnología, así como de los científicos y tecnólogos:

- 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).
- La ciencia y la tecnología por sí solas no pueden arreglar los problemas de contaminación que son insolubles hoy en día; todos los ciudadanos son responsables de dar prioridad absoluta a este asunto.

- El nivel de vida puede mejorar con más tecnología –haciéndolo más agradable y más eficiente– , pero la calidad de vida puede que no, pues también podría causar más contaminación, desempleo y otros problemas.

El impacto cultural de la ciencia escolar en la sociedad (50111) muestra un acuerdo en la cuestión de la división de la sociedad en dos culturas –la de “ciencias” y la de “letras”– denunciada hace años por Snow (1964). El consenso afirma la creencia en una sociedad con puntos de vista culturales más amplios, pues no sólo existen estos dos tipos de personas, las que entienden de ciencias y las que entienden de letras, sino que hay tantas clases de personas como preferencias individuales posibles, incluyendo las que entienden de ambas, las ciencias y las letras.

Tabla 9.

Proposiciones correspondientes a la influencia de la ciencia y tecnología sobre la sociedad que alcanzan un consenso mayoritario –dos tercios– entre los jueces

<p>40111 La mayoría de los científicos se preocupan de los posibles efectos posibles (tanto provechosos como perjudiciales) que pueden resultar de sus descubrimientos.</p> <p>D. Los científicos se preocupan, pero posiblemente no pueden saber todos los efectos a largo plazo de sus descubrimientos.</p>
<p>40131 Los científicos deberían ser considerados responsables de informar sobre sus descubrimientos al público en general, de manera que el ciudadano medio pueda entenderlos.</p> <p>Los científicos deberían ser considerados responsables:</p> <p>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.</p>
<p>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.</p> <p>C. No es cuestión de donde esté localizada la industria pesada. Los efectos de la contaminación son globales sobre la Tierra.</p> <p>La industria pesada NO debería trasladarse a los países no desarrollados:</p> <p>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.</p> <p>F. Porque la contaminación debería ser limitada tanto como sea posible. Extenderla sólo crearía más daños.</p>
<p>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,</p>

los tipos de energía cara al futuro (nuclear, hidráulica, solar, quemando carbón, etc.), los índices permitidos de contaminación del aire en nuestro país (emisiones industriales de dióxido de azufre, control de la contaminación de coches y camiones, emisiones de gases ácidos de los pozos de petróleo, etc.), el futuro de la biotecnología en nuestro país (ADN recombinante, ingeniería genética, desarrollo de bacterias eliminadoras de minerales o creadoras de nieve, etc.), técnicas aplicadas al feto (amniocentesis para analizar los cromosomas del feto, alterar el desarrollo del embrión, los bebés probeta, etc.), 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 informado deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad.

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.

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.

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.

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).

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.
<p>40531 Más tecnología mejorará el nivel de vida de nuestro país.</p> <p>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.</p>
<p>40811 ¿La tecnología influye sobre la sociedad?</p> <p>F. La sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología.</p>
<p>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.</p> <p>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.</p>

Consensos sobre la sociología interna de la ciencia y tecnología

Entre las cuestiones relativas a la sociología interna de la ciencia y la tecnología (véase la tabla 10) se han incluido aspectos como las características de los científicos (motivaciones, valores, ideologías y capacidades), la influencia del género en la ciencia (escasa representación de las mujeres), la construcción social del conocimiento científico (colectivización, controversias y decisiones científicas, comunicación y competencia profesionales, interacciones sociales de los científicos, influencia de individuos singulares, influencia nacional, ciencia pública vs. privada) y la construcción social del conocimiento tecnológico (decisiones tecnológicas, tecnología autónoma).

De todas las cuestiones sobre las características de los científicos sólo ha conseguido el consenso una frase relativa a la influencia limitada de las creencias religiosas de los científicos en su trabajo (60311), que afirma que éstas producen diferencias en los descubrimientos científicos porque, a veces, afectan a lo que los científicos hacen o a los problemas que escogen para trabajar.

El papel del género en la ciencia ha suscitado diversos acuerdos basados en el principio de equidad (60521 y 60611).

- No hay diferencias entre científicos y científicas en la manera de hacer ciencia, porque las posibles diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer sino que son debidas a diferencias individuales.
- Hay muchos más científicos que científicas por los prejuicios del estereotipo social que hace que más hombres lleguen a ser científicos, aunque las mujeres son tan capaces en ciencia como los hombres.
- Hay muchos más científicos que científicas, pues la imagen pública del científico ha desanimado a las mujeres y alentado más a los hombres (la ciencia como vocación masculina), pero esto está cambiando hoy en día y se espera que cada vez trabajen en ciencia más mujeres.

A menudo, las controversias científicas han sido fuente de polémica entre quienes sostienen la presencia de factores exclusivamente epistémicos –razonamiento lógico y pruebas empíricas– y los que defienden la influencia de factores externos. El consenso alcanzado en esta cuestión (70211) reconoce la naturaleza poliédrica de estas controversias, donde confluyen ambos tipos de factores. Los desacuerdos entre científicos pueden suceder por diversas razones, tales como ausencia de hechos, falta de información suficiente, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, búsqueda de reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos.

Tabla 10.

Proposiciones correspondientes a la sociología interna de la ciencia y tecnología que alcanzan un consenso mayoritario –dos tercios– entre los jueces

<p>60311 Las creencias religiosas de un científico no producen diferencias en los descubrimientos científicos que hace.</p> <p>Las creencias religiosas producen diferencias:</p> <p>D. Porque, a veces, las creencias religiosas afectan a lo que los científicos hacen o los problemas que escogen para trabajar.</p>
<p>60521 Trabajando en ciencia o tecnología, una buena científica mujer realizaría el trabajo básicamente de la misma manera que un buen científico hombre.</p> <p>NO hay diferencias entre científicos y científicas en la manera que hacen ciencia:</p> <p>F. Porque cualquier diferencia en la manera en que los científicos trabajan en ciencia se debe a las diferencias individuales. Tales diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer.</p>
<p>60611 Hoy día, en nuestro país, hay muchos más científicos que científicas. La PRINCIPAL razón de esto es:</p> <p>D. El estereotipo tradicional existente en la sociedad ha sido que los hombres son más listos y dominantes mientras que las mujeres son más débiles y menos lógicas. Este prejuicio ha causado que más hombres lleguen a ser científicos, aunque las mujeres son tan capaces en ciencia como los hombres.</p> <p>F. Hasta hace poco, se pensaba que la ciencia era una vocación de hombres y se esperaba que la mayoría de las mujeres trabajasen en casa o en trabajos tradicionales; por tanto, la imagen pública del científico ha desanimado a las mujeres, mientras ha animado más a los hombres para hacerse científicos. Pero esto está cambiando hoy día: la ciencia se está convirtiendo una vocación de mujeres y se espera que éstas trabajen en ciencia cada vez más.</p>
<p>70211 Cuando los científicos no están de acuerdo en un tema (por ejemplo, si un bajo nivel de radiación es perjudicial o no), principalmente es porque no tienen todos los hechos. Esta opinión científica no tiene NADA QUE VER con valores morales (buena o mala conducta) o con motivaciones personales (reconocimiento personal, agrandar a quienes emplean o a las instituciones</p>

que dan dinero).

Los desacuerdos entre científicos pueden suceder:

E. Por cierto número de razones como cualquier combinación de las siguientes: ausencia de hechos, desinformación, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos.

70311 Los científicos publican sus descubrimientos en revistas científicas. Lo hacen principalmente para alcanzar credibilidad a los ojos de otros científicos y de las instituciones que les dan apoyo económico, y por tanto, las publicaciones les ayudan a avanzar en sus carreras personales.

Los científicos publican sus descubrimientos:

B. Para ambas cosas, beneficiarse personalmente del crédito, la fama o fortuna que un descubrimiento pueda conllevar, y también para hacer avanzar la ciencia y la tecnología compartiendo ideas y, por tanto, construyendo sobre el trabajo de unos y otros.

80131 Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo, un reactor nuclear, un misil o una medicina nueva para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de que las ventajas para la sociedad compensan las desventajas.

D. Muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero o alcanzar poder, aunque sus desventajas fueran más grandes que sus ventajas.

Como en el caso anterior, la presencia de factores epistémicos –por ejemplo, hacer avanzar el conocimiento– y no epistémicos –por ejemplo, hacer carrera profesional– en el trabajo de los científicos, que se traducen en publicaciones –“publica o perece”–, suele ser motivo de polémica entre una visión idealista de la ciencia –investigar para conocer más– y otra más basada en la realidad profesional –necesidad de ganar credibilidad ante los colegas y las instituciones que financian la investigación–. El consenso conseguido por los jueces es ecléctico, pues reconoce que ambas cosas van unidas en la profesión científica, pues los científicos publican sus descubrimientos para conseguir beneficio personal, crédito, fortuna o fama y para hacer avanzar la ciencia y la tecnología (70311).

El último acuerdo logrado se refiere a las decisiones sobre el desarrollo tecnológico (80131). La visión más favorable a la tecnología sostiene que la decisión de su aplicación y uso en la sociedad se toma sólo cuando las ventajas sociales compensan las desventajas. El consenso alcanzado en esta cuestión muestra una creencia sobre el desarrollo tecnológico muy ligado a intereses inmediatos y alejados de potenciales beneficios para la sociedad, como es que muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero o conseguir poder, aunque sus desventajas fueran mayores que sus ventajas.

Discusión y conclusiones

El propósito de este estudio ha sido aportar nuevas pruebas empíricas sobre consensos en tópicos concretos de NdC, que se suman a las señaladas en la bibliografía citada. En esta investigación se han identificado acuerdos específicos en determinados aspectos menos atendidos en la mayoría de los estudios precedentes –más centrados en las cuestiones epistemológicas–, como son los relativos a las interacciones mutuas entre la sociedad y la ciencia y la tecnología, así como a la sociología interna de ambas. Además, los consensos relativos al ámbito social superan aquí ampliamente a los encontrados en la dimensión más propiamente epistemológica.

El criterio aplicado para definir el consenso ha sido el acuerdo de una mayoría cualificada (11 al menos) de una muestra de 16 jueces expertos. Este criterio es similar al utilizado en otros estudios (Eagly y Chaiken, 1993; Osborne *et al.*, 2003; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996), pero la novedad estriba quizá en la amplitud y diversidad de la muestra de jueces empleada. El grado de acuerdo en las diferentes frases que satisfacen el criterio adoptado ha sido variable y, aunque ninguna ha logrado la unanimidad de los 16 jueces, cuatro de ellas han conseguido el apoyo de todos excepto uno:

- Ciencia y tecnología interaccionan y se complementan (10421D).
- Trasladar la industria pesada contaminante no es una solución responsable a la contaminación (40161D).
- La ciencia y la tecnología no pueden sustituir por sí mismas las decisiones responsables de la ciudadanía para resolver los problemas de contaminación (40451E).
- Diversos esquemas de clasificación pueden ser adecuados para describir el mundo natural (90311E).

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 esta decisión tiene un carácter convencional, lo cual condiciona de alguna manera los resultados. Un criterio más exigente mostraría menos acuerdo, mientras que otro más laxo lo aumentaría. Además, el error de medida que afecta aleatoriamente a cualquier resultado podría hacer que algunas frases situadas dentro del intervalo de error, justamente por debajo del criterio mínimo adoptado –esto es, con el acuerdo de 10 jueces–, podrían constituir un conjunto de frases hipotética y potencialmente susceptibles de consenso. Investigaciones posteriores aplicando criterios similares serían de gran utilidad para confirmar estos resultados.

Entre los acuerdos alcanzados en epistemología, cabe destacar la importancia de las relaciones entre la ciencia y la tecnología a través de I+D+I para mejorar la calidad de vida. En la otra cara de la moneda, destaca la ausencia de consenso sobre las definiciones de la ciencia y la tecnología, de manera que preguntas aparentemente sencillas como ¿qué es la ciencia? o ¿qué es la tecnología? no tienen el consenso entre los especialistas. Coincidiendo 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. Estos dos resultados de escaso consenso contrastan con los exhibidos por Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness (1996) –caracterizados por un mayor número de acuerdos, pero ya criticados anteriormente por las enormes limitaciones de su muestra de jueces–, donde la ciencia se refleja como un proceso –una investigación sistemática– y un producto –el conocimiento resultante–, mientras que el proceso científico se

define, a su vez, como observar, proponer explicaciones y comprobar la validez de las mismas; por su parte, la tecnología es un conjunto de ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas, organizar a los trabajadores y para el progreso de la sociedad. Por otro lado, en nuestro estudio las relaciones entre la ciencia y la tecnología también logran el consenso en las creencias de la ciencia como conocimiento base para la tecnología y, al mismo tiempo, que la disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica, suministrando herramientas y técnicas a la ciencia.

Entre los temas más específicamente epistemológicos, los acuerdos alcanzados se refieren a la carga teórica de las observaciones, la naturaleza diversa de los sistemas de clasificación, la provisionalidad del conocimiento científico, el progreso de este conocimiento mediante confirmaciones, refutaciones y la superación de errores, la influencia de la originalidad y la creatividad en el trabajo científico, la distinción entre correlación y causalidad, y la interpretación instrumentalista y realista de las teorías. Muchas de estas creencias coinciden con otras anticipadas como consensos en estudios anteriores ya citados (McComas y Olson, 1998; Osborne *et al.*, 2003; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996).

Algunas de las creencias sobre la NdC consensuadas en este estudio se refieren a cuestiones muy sencillas y genéricas, incluso quizá elementales, que pueden parecer ingenuas desde una perspectiva filosófica o sociológica más académica. Ejemplos de estas creencias consensuadas podrían ser 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, o bien que la tecnología influye en la sociedad como consecuencia de que ésta acepta una determinada tecnología. Este tipo de creencias no suelen aparecer en las discusiones de más nivel académico, pero son válidas para incluirlas en la educación científica de los estudiantes, especialmente en los cursos obligatorios, como expresión de una ciencia para todas las personas y de objetivos más modestos de una enseñanza de la NdC que no pretende formar epistemólogos ni sociólogos de la ciencia. El desarrollo curricular de la NdC requiere sin duda una adaptación a la edad de los estudiantes, la correspondiente transposición didáctica, el diseño de actividades de enseñanza apropiadas para aclarar significados, analizar casos y ejemplos, discutir sus consecuencias, etc., y también necesita prestar más atención a la formación del profesorado en estos temas. Por tanto, estas creencias aparentemente simples son del todo pertinentes y válidas para la didáctica de las ciencias, teniendo presente que su objetivo es mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. 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. La enseñanza de la NdC requiere avanzar desde las creencias más simples a las más complejas, de modo que las aparentemente más sencillas, asequibles y menos polémicas también son necesarias para las distintas etapas de la educación científica de los estudiantes más jóvenes.

Esta sugerencia concuerda con las propuestas de hacer que la educación de la NdC sea explícita y se propongan objetivos modestos y asequibles para todos los estudiantes (Hogan, 2000, Matthews, 1998; Monk y Osborne, 1997; Lederman, 1999). Antes de llegar a metas más elevadas, la inclusión de la NdC en la enseñanza de las ciencias debe pasar por una serie de elementos básicos, tales como una aproximación descriptiva a los conceptos de la ciencia y la tecnología, los objetivos de ambas y sus relaciones mutuas, los numerosos impactos y relaciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y viceversa (véase una relación detallada en la tabla 2), quiénes son los científicos y qué hacen, 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., abordando después la aclaración conceptual de términos tales como ley, teoría, modelo, explicación, causa, verdad, conocimiento, hipótesis, confirmación, observación, prueba, idealización, control de variables, etc.

No puede olvidarse que los acuerdos presentados en este estudio son parciales y están sometidos a los márgenes de error habituales de cualquier análisis. La excesiva insistencia en el consenso sobre la NdC, como hacen Osborne *et al.* (2003), parece sugerir que el acuerdo es esencial para la educación de los contenidos de NdC, como si sólo se pudieran enseñar los temas de NdC sobre los que existe consenso y, por el contrario, aquellos en los que hay desacuerdo no fueran adecuados. Ciertamente, la tradición cultural de la ciencia valora más la tendencia a los acuerdos y la historia de la ciencia da cuenta de la búsqueda de ellos, por encima de los momentos en que predominan las controversias. Esta disposición de la ciencia y los científicos al consenso basándose en pruebas quizá sea una característica diferencial de la ciencia respecto a otras formas de conocimiento. En este sentido, el consenso sobre la NdC es un valor para la educación científica, pero no un valor absoluto ni exclusivo, de modo que no debería convertirse en un argumento para excluir de la enseñanza de las ciencias aquellos temas de NdC donde no haya acuerdo. Más bien al contrario, una cierta dosis de disenso también es necesaria y muy saludable para la formación de los ciudadanos y los futuros científicos, pues ayudaría a entender mejor la pluralidad creativa de la ciencia y el consenso en ella como un estado que se alcanza a través de procesos previos de disenso. Aunque los científicos parecen desear con mayor ahínco los acuerdos y tener más éxito en la búsqueda del consenso que otros especialistas, desde la perspectiva del currículo escolar, los temas de NdC no consensuados también deben estar presentes, pero tienen que ser más cuidadosamente elegidos, planificados y adaptados a la edad de los estudiantes, dejándolos presumiblemente para los niveles educativos superiores. Además, en el caso de los aspectos más polémicos y menos consensuados, 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 todas las posibles respuestas alternativas.

Pocos especialistas discutirán hoy que la NdC es compleja, poliédrica, dialéctica y cambiante. La cuestión es si esa complejidad es sólo un atributo de la reflexión sobre la NdC o es inherente a la propia ciencia, cuya reflexión sobrevenida es, en consecuencia, si cabe aún más compleja. Nuestra tesis es la segunda, la ciencia es compleja hasta el límite de romper los moldes creados por la reflexión epistemológica. La historia de la ciencia hasta el presente es suficientemente rica para mostrar que han existido –y existen todavía– muchos tipos de ciencia. La ciencia clásica de gabinete y genio individual fue dando paso, pero no desapareciendo del todo, a la ciencia institucional y académica de las universidades y los congresos, a la que ha seguido la gran ciencia y la alta tecnología ligadas a la industria y al ejército y, por último, la tecnociencia contemporánea. El sistema actual de ciencia y tecnología reúne todos esos tipos diferentes coexistiendo en el presente. Por otro lado, las reflexiones sobre la ciencia se han ido produciendo paralelamente sobre aspectos parciales; sus conclusiones, con pretensiones de generalidad, en realidad estaban lastradas por la ciencia que intentaban reflejar, habiéndose encargado las sucesivas críticas de revisarlas y actualizarlas. Hoy en día no existe una sola ciencia, de la misma manera que tampoco existe una única reflexión sobre la ciencia, sino muchas y en convivencia (Rudolph, 2003).

El carácter poliédrico y complejo de la tecnociencia actual es un nuevo factor de dificultad para la enseñanza de la NdC, que se añade y supera a la potencial falta de consenso y quizá sea más difícil de afrontar que éste. La complejidad a la que ha llegado el sistema tecnocientífico en las sociedades contemporáneas es enorme, hasta el punto que hoy en día conviven en él simultáneamente los diversos modelos señalados de la ciencia. Esta complejidad de la tecnociencia se traduce en sus múltiples caras en dinamismo permanente (Echeverría, 2003). En suma, los diversos modelos de la tecnociencia, que cambian continuamente porque ésta se encuentra en continuo desarrollo, hacen utópico pensar en la existencia de una sola NdC. Por tanto, cualquier descripción de la NdC sólo puede pretender aproximarse de manera incompleta y sesgada a la ciencia y la tecnociencia del presente. Esta descripción necesariamente limitada tiene dos consecuencias importantes para la enseñanza de la NdC:

- Una NdC restringida a los consensos logrados supone un reduccionismo epistemológico, lo que, ciertamente, es un inconveniente. Sin embargo, esta simplificación no es tan grave ni tan trascendente como podría parecer en principio, debido precisamente al carácter parcial que siempre tendrá cualquier descripción de la ciencia y la tecnociencia. Ahora bien, en cualquier caso, debe tenerse en cuenta esta restricción intrínseca en la enseñanza de la NdC.
- Incluso si sólo existiera un único tipo de ciencia y tecnociencia, 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 implica una simplificación. Este reduccionismo didáctico restringe, sin duda, aún más la visión de la ciencia y la tecnociencia en la escuela. Por lo tanto, la selección de un conjunto representativo de contenidos de NdC, guiado por el consenso mostrado en este trabajo, puede ser aceptable desde un punto de vista didáctico, aunque también dé lugar a una visión parcial de la NdC.

Desde esta complejidad, surge la conciencia de que, pese a los consensos que se puedan alcanzar sobre aspectos de la NdC, estos acuerdos serán siempre parciales o reflejarán sólo un perfil particular de la complejidad. En suma, cualquier intento de presentar una imagen de la ciencia, sea cual sea ésta, siempre será fragmentario y limitado. De este modo, cobran un nuevo sentido y son relevantes preguntas como ¿a qué tipo de ciencia nos referimos cuando hablamos de NdC?, ¿qué NdC debemos enseñar? y, sobre todo, ¿para qué queremos enseñar NdC?

Las respuestas a estas cuestiones requerirían sin duda un espacio mucho más amplio, pero quizá baste con señalar ahora que el planteamiento de la NdC en la enseñanza de las ciencias tiene horizontes mucho más amplios que el de los consensos sobre los contenidos como el único factor de desarrollo curricular, aunque tengan su importancia. 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 debe servir de contexto a los elementos de NdC a enseñar, pues sin ella la NdC puede quedar reducida a mero academicismo. Además, hay que prestar atención a la ciencia y tecnociencia del presente, porque es un contexto quizá 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 múltiples y variados fines (Aikenhead, 2003); cada elemento de la NdC puede contribuir

mejor a unos propósitos que a otros y cada finalidad puede exigir unos elementos u otros. Así, para tomar mejores decisiones cívicas en el mundo actual, posiblemente sea más importante conocer los rasgos de la naturaleza de la tecnociencia que de la propia ciencia académica, pues la primera es la que más afecta a la sociedad. Para pequeñas decisiones cotidianas, el conocimiento de la naturaleza de la tecnología más sencilla quizá sea el esencial. Para satisfacer necesidades estéticas personales, el conocimiento de la naturaleza de la ciencia académica podría ser prioritario, etc. Sin tener en cuenta las finalidades de la educación científica, los planteamientos de NdC podrían resultar inútiles (Acevedo, 2004). Estos tres elementos deben considerarse armónicamente y adaptarse al tipo de rasgos de la NdC más adecuados para su inclusión en el currículo de ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- AAAS (1993). *Project 2061. Benchmarks for science literacy*. New York, NY: Oxford University Press.
- ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.L. y LEDERMAN, N.G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-437.
- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 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. En línea en <<http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>>.
- ACEVEDO, J.A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. En línea en *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica *De los Lectores*, <<http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>>.
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, P. y MANASSERO, M.A. (2002a). Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1). En línea en <<http://www.saum.uvigo.es/reec/>>.
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, P. y MANASSERO, M.A. (2002b). Un estudio sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria y universidad. *Tarbiya*, 30, 5-27. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo15.htm>>.
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2002a). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En línea 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. y MANASSERO, M.A. (2002b). Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores. *Revista de Educación*, 328, 355-382. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003.

- 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. En línea en <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>>.
- AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G. (1989). *The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics*. Final Report of SSHRCC Grant: Author.
- AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76, 477-491.
- ALTERS, B.J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 39-55.
- BUNGE, M. (1999). *The sociology-philosophy connection*. New Brunswick, NJ: Transaction Publishers. Traducción de M.A. González (2000). *La relación entre la sociología y la filosofía*. Madrid: EDAF.
- EAGLY, A.H. y CHAIKEN, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- ECHEVERRÍA, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE.
- 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., 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). En línea <<http://www.saum.uvigo.es/reec/>>
- FULLER, S. (1997). *Science*. Buckingham: Open University Press.
- GROSS, P. y LEVITT, N. (1994). *Higher superstition: The academic left and its quarrels with science*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- HOGAN, K. (2000). Exploring a process view of students knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84, 51-70.
- IRWIN, A. (1995). *Citizen science - A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. London: Routledge.
- JENKINS, E. (1997). Towards a functional public understanding of science. En R. Levinson y J. Thomas (Eds.): *Science today: Problem or crisis?*, (pp. 137-150). London: Routledge.
- KUHN, T.S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press. Traducción de A. Contín (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*. México DF: FCE.
- LAUDAN, L. (1990). *Science and relativism: Some key controversies in the philosophy of science*. Chicago, IL: University of Chicago Press. Traducción de J.F. Álvarez (1993): *La ciencia y el relativismo. Controversias básicas en filosofía de la Ciencia*. Madrid: Alianza.

- LAUDAN, L. (1996). *Beyond Positivism and Relativism. Theory, Method and Evidence*. Oxford: Westview Press.
- LEDERMAN, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- LEDERMAN, N.G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 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, 497-521.
- MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (1998). *Opinions sobre ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Govern Balear, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.
- MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2001). *Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura.
- 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 en línea 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, 417-174.
- 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.
- MONK, M. Y OSBORNE, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81, 405-424.
- NRC (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy 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, 692-720.
- RUBBA, P.A. y HARKNESS, W.L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77, 407-431.
- 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, 387-400.
- RUDOLPH, J.L. (2003). Portraying epistemology: School science in historical context. *Science Education*, 87, 64-79.

- 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, 1101-1104.
- SNOW, C.P. (1964). *The two cultures: And a second look*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción castellana (1987): *Las dos culturas*. Madrid: Alianza.
- SOKAL, A. (1996). Transgressing the boundaries: towards a transformative hermeneutics of quantum gravity. *Social Text*, 46/47, 217-252.
- SOKAL, A. y BRICMONT, J. (1998). *Intellectual impostures: Postmodern philosophers' abuse of science*. London: Profile. Traducción de J.C. Guix Vilaplana (1999): *Imposturas intelectuales*. Barcelona: Paidós.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81, 377-386.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MANASSERO, M.A. (2000). Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS. En I.P. Martins (Coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais*, (pp. 219-230). Aveiro: Universidade de Aveiro. Versión electrónica en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>>, 2001.
- 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. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm>>.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 337-346.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1999). New response and scoring models for the "Views on Science-Technology-Society" instrument (VOSTS). *International Journal of Science Education*, 21, 231-247.
- WOLPERT, L. (1992). *The Unnatural Nature of Science*. London: Faber & Faber. Traducción de A. Linares (1994): *La naturaleza no natural de la ciencia*. Madrid: Acento Editorial.
- ZIMAN, J. (1978). *Reliable knowledge. An exploration of the grounds for belief in science*. Cambridge: Cambridge University Press. Traducción de E. Pérez Sedeño (1981): *La credibilidad de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- ZIMAN, J. (2000). *Real science: What it is and what it means*. Cambridge: Cambridge University Press. Traducción de E. Pérez Sedeño y N. Galicia Pérez (2003): *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press.

Contactar

Revista Iberoamericana de Educación

Principal OEI