

Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica

Ángel Vázquez Alonso¹, M^a Antonia Manassero Mas², José Antonio Acevedo Díaz³ y Pilar Acevedo Romero⁴

¹Facultad de Educación. Universidad de las Islas Baleares. E-mail: angel.vazquez@uib.es

²Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares. E-mail: ma.manassero@uib.es

³Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva. E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

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

Resumen: La naturaleza de la ciencia constituye un contenido innovador y central del currículo de la educación científica orientado hacia la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. Pero su inclusión en el currículo es problemática por su complejidad y novedad, de modo que la selección de sus principales rasgos y contenidos requiere una base sólida. Este artículo muestra los consensos construidos, con una metodología empírica basada en la evaluación por un panel de 16 jueces expertos, sobre las cuestiones del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) relativas a las características de la comunidad tecnocientífica, que engloba los rasgos de los científicos y la construcción social del conocimiento científico y tecnológico. Se exponen los consensos alcanzados por una mayoría muy cualificada de los jueces en creencias concretas, tanto las que se consideran adecuadas como inadecuadas. Por último, se discuten las implicaciones de los resultados para la educación científica.

Palabras clave: Naturaleza de la ciencia, sociología interna de la ciencia y la tecnología, características de los científicos, construcción social del conocimiento científico y tecnológico, consensos, Cuestionario de Opiniones CTS, investigación empírica.

Title: Consensus on the nature of science: the techno-scientific community

Abstract: The nature of science is a central content of and an innovative approach to the curriculum of school science, which stems from the proposals of scientific literacy for all. Its inclusion in the curriculum is problematic because the nature of science is a complex and new content, so the decision to select the most appropriate features and contents for the curriculum is far from easy and requires a solid base. This paper shows some consensuses on a specific issue of the nature of science: the sociology of the scientific community that involves the characteristics of scientists, and the social construction of the scientific and technological knowledge. The consensuses are built through an empirical methodology, which is carried out through the assessment of the items of the pool called

Questionnaire of Opinions on Science, Technology and Society (COCTS) by a panel of 16 experts acting as judges. The consensus refer to those concrete beliefs where the judges achieved high agreement, which involve both appropriate and inadequate beliefs on the issue. Some implications for science education are finally discussed.

Keywords: Nature of science, internal sociology of science, characteristics of scientists, social construction scientific and technological knowledge, Questionnaire of Opinions on STS, empiric investigation.

Introducción

El concepto de naturaleza de la ciencia (NdC en adelante) engloba una diversidad de aspectos sobre qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que usa para validar este conocimiento, los valores implicados en las actividades científicas, la naturaleza de la comunidad científica, los vínculos con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y, viceversa, las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad. Aunque existen interpretaciones reduccionistas de la NdC, que la identifican restrictivamente con la epistemología de la ciencia, en este artículo se adopta una concepción más amplia, que incluye también los aspectos sociales del sistema tecnocientífico. Además, la complejidad de las propias cuestiones epistemológicas conduce a menudo a las consideraciones sociológicas.

Desde Merton (1973), la literatura sociológica ha distinguido siempre entre la sociología interna (las relaciones sociales dentro de la comunidad tecnocientífica) y la sociología externa de la ciencia y la tecnología (las relaciones entre la comunidad tecnocientífica y la sociedad general). En concreto, por las limitaciones de espacio, este estudio se centra en la sociología interna de la comunidad tecnocientífica, es decir, en las relaciones sociales que se establecen a partir del ejercicio del trabajo científico entre los miembros de esta comunidad, la organización social generada por esas relaciones y las características personales de sus miembros. Este estudio se plantea siempre desde una perspectiva educativa, es decir, desde la capacidad potencial de estas cuestiones para transformarse en contenidos curriculares relevantes de la educación científica que mejoren la comprensión pública de la ciencia y la alfabetización científica. En la introducción se revisan algunas de las principales ideas y controversias en torno a la sociología interna de la comunidad tecnocientífica, para justificar después el interés de estas ideas como base para construir un currículo de NdC para la educación científica.

Sociología interna de la ciencia y la tecnología

La ciencia surge en la sociedad y es practicada por un colectivo de profesionales (los científicos) que se caracterizan por compartir usos, costumbres y estructuras organizativas específicas para la realización de su trabajo y por establecer relaciones personales y de grupos entre ellos y con otras instituciones sociales del entorno próximo. La ciencia es, pues, una empresa humana, tal vez un poco especial por los objetivos de conocimiento que persigue y por la forma como lo hace, pero también

semejante a tantas otras, y sometida a las contingencias históricas y sociales propias de la condición humana, tales como ideologías, presiones diversas, influencias, casualidades, servidumbres, limitaciones, relaciones, etc.

A partir del análisis del desarrollo de la ciencia moderna en la Inglaterra del siglo XVII, el análisis sociológico de Merton (1970, 1973) contribuyó a caracterizar la ciencia académica como una institución social, con sus propios valores y pautas de organización, que se mueve por el refuerzo que suponen las consecuencias de los intercambios científicos. La aspiración inglesa de dominio económico en la manufactura textil, agricultura, minería y navegación y, en general, las exigencias de la tecnología industrial, encontraron en la ciencia una respuesta a sus demandas. Así surgió una sintonía y predisposición social, de base religiosa y utilitaria, favorable a los intereses científicos, que fueron estimulados por las autoridades religiosas, políticas y económicas. Los valores, reglas, prescripciones y presupuestos profesados por los científicos, cuya adhesión obedece a las exigencias metodológicas de la actividad científica, constituyen el elemento de socialización y sanción de los miembros de la comunidad, que condujeron a ésta a erigirse como una institución social y garantizan su pervivencia, apoyada también en la enorme eficacia demostrada por la ciencia para resolver problemas específicos.

De acuerdo con el clásico *ethos* mertoniano de la ciencia (Merton, 1973), los valores científicos básicos se pueden resumir en el acrónimo CUDEO (CUDOS en inglés): *Comunismo* (los descubrimientos científicos son propiedad de toda la comunidad científica), *Universalismo* (todos los científicos son iguales), *Desinterés* (renuncia a otro beneficio que no sea el trabajo bien hecho) y *Escepticismo Organizado* (el examen independiente y ecuánime de los resultados). Después se añadieron la *Humildad* (consecuencia del desinterés y el escepticismo) y la *Originalidad* (consecuencia del comunismo y el sistema autónomo de recompensas). Estos valores no son independientes entre sí sino que están relacionados, a veces de modo antagónico, lo que da lugar a contradicciones y conflictos; por ejemplo, el deseo de recompensa puede quebrar el desinterés o el escepticismo, lo que puede llevar a prácticas deshonestas como el fraude o el plagio.

La institución científica se configura, pues, como un sistema de intercambio de información entre sus miembros, que representa, a la vez, un medio para la obtención del reconocimiento por el trabajo, motor y refuerzo de la actividad, y un medio de autocontrol para la supervivencia del sistema científico. El reconocimiento se conforma mediante recompensas honoríficas, como el reconocimiento de prioridad en la autoría, la eponimia (atribución del nombre del descubridor a su descubrimiento), el ingreso en las academias honorarias de la ciencia, la concesión de premios y distinciones (el premio Nóbel es el culmen de una carrera), la elección para cargos y, en general, el reconocimiento personal de los colegas. De esta manera, el sistema de recompensas refuerza las normas y valores de la comunidad científica.

En la sociedad moderna, Merton consolida el concepto de comunidad científica como un conjunto de personas que se reconocen entre sí como

miembros del grupo y que también son reconocidos fuera de él. La comunidad científica constituye un grupo muy organizado y jerarquizado, pero con una diversidad de intereses, posiciones, expectativas, etc., que a menudo enmascaran importantes divergencias y tensiones. Esta diversidad surge de una estratificación social en "clases", que es producto de la división del trabajo científico, entre la ejecución del trabajo y los objetivos últimos de éste, característica de la sociedad industrial. Desde la perspectiva mertoniana, se trata de producir resultados sin preocuparse por su finalidad, ni plantearse sus implicaciones sociales, lo cual produce mentalidades científicas con una estricta separación entre el trabajo profesional científico y las demás cosas de la vida, lo que se ajustaría al modelo de la doble cultura sugerido por Snow (1964).

Para lograr sus propios fines, la comunidad científica tiene una necesidad muy clara: la financiación de la investigación. Para satisfacer esta necesidad, la ciencia busca aliados que estén interesados en sus productos y puedan financiarla. De este modo, la industria y el ejército se convierten en poderosos aliados que subvencionan la actividad científica. Estas alianzas atentan a la neutralidad y el desinterés de la comunidad científica, pues su tarea está mediatizada por ellas.

Posteriormente, el debate crítico realizado en torno a los CUDEO permitió constatar que, de hecho, la comunidad científica no se organiza como un grupo de iguales, sino que existen elites que evalúan y juzgan la distribución de cargos y recursos. El secretismo afecta a la globalidad de la actividad tecnocientífica para proteger el reconocimiento de propiedad y autoría y, en algunos casos, es permanente (secretos industriales o militares). En lugar de desinterés, existe una intensa competencia por publicar, por la prioridad de autoría, por conseguir fama, cargos y recursos, etc. Los compromisos psicológicos hacen que el escepticismo se ejerza de forma muy sesgada y emocional: estricto hacia las tesis de los rivales y benévolo para las de los amigos. En este contexto tan complejo, la conducta individual de los científicos se caracteriza por una ambivalencia normativa, es decir, se practican a la vez los CUDEO y otros contravalores, que son la causa de muchas transgresiones (Mitroff, 1974). Así, en oposición al universalismo aparece el particularismo, contra el comunismo se ejerce el secretismo, frente al desinterés se desarrolla la búsqueda egoísta del prestigio y en vez del escepticismo organizado se practica el dogmatismo organizado. Estos contravalores no siempre terminan en conductas desviadas, pues también cumplen funciones positivas y necesarias para la institución y el progreso científico (p.e., para la cohesión de los equipos de investigación), pero son un contrapunto de realismo al excesivo idealismo de los CUDEO y sitúan la ciencia en un contexto más real como actividad humana (véase una posición crítica respecto al esquema ideal mertoniano en Acevedo, 1997, 2006; Ziman, 2000, 2003).

El segundo aspecto de la institucionalización de la ciencia desarrollado por Merton (1973) se refiere a las pautas de estratificación en la organización, caracterizadas por las desigualdades entre los científicos generadas por la distribución de las recompensas: el efecto del sillón 41 (la academia de ciencias sólo tiene 40 sillones), el efecto de trinquete (una vez alcanzado un nivel, nunca se va bajar de él, aunque llegue una persona más capacitada) y el efecto Mateo (acumulación de recompensas en los

científicos de gran reputación y negación de ellas a los que no han destacado), lo que lleva a la constitución de gerontocracias científicas que controlan gran parte de la organización, como evaluadores de programas y proyectos, asignadores de recursos, revisores de revistas, presidentes de asociaciones, organizadores de congresos, etc.

Sin embargo, el problema de la estratificación social de la ciencia es algo más sofisticado y complejo, difícilmente reducible a categorías simples. Otros estudios han corregido y ampliado variantes del efecto Mateo, tales como el efecto Podunk, su efecto inverso Knudop y el efecto Wehttam (inverso al efecto Mateo), así como que, pese a los conflictos y tensiones, no se detectan esquemas preferentes en las evaluaciones que los revisores hacen de los manuscritos (Lamo, González y Torres, 1994, pp. 476-480).

La dimensión social de la ciencia y la tecnología: el laboratorio y las controversias

Un conjunto de estudios sociológicos de tipo etnográfico se ha dedicado a observar directamente, de manera empírica mediante la observación participante, lo que acontece en un laboratorio (Latour, 1987; Latour y Woolgar, 1979; Woolgar, 1988). Los resultados de estos estudios destacan el aspecto caótico, desordenado e indeterminado de la actividad científica frente a la imagen metódica, ordenada y cuidadosa que se desprende de las publicaciones científicas. El laboratorio produce hechos contruidos que se transmiten al exterior mediante publicaciones, donde una conjetura se intenta transformar en una verdad aceptada (Acevedo, 1998).

La investigación del conocimiento científico como una manufactura (Knorr-Cetina, 1981) defiende un punto de vista constructivista para la comprensión de la génesis del conocimiento científico. La actividad científica construye la naturaleza basándose en múltiples procesos instrumentales y con una amplia dinámica de razonamiento práctico que trasciende los límites del propio laboratorio e incluso de la comunidad científica, ya que involucra a agencias de financiación, intereses económicos, industriales, gerentes de centros de investigación, editores de revistas, autoridades públicas, etc., que constituyen el centro más importante de las relaciones sociales transistémicas de la vida científica.

El relativismo sociológico considera que los factores sociales explican la generación y validación del conocimiento científico y trata de identificarlos por medio de los mecanismos de clausura de las controversias científicas. El criterio tradicional heredado sugiere que la razón principal para cerrar un debate científico es la superioridad técnica de uno de los grupos en disputa, pero Collins (1985) sostiene que ésta es la consecuencia más que la causa, pues, con el paso del tiempo, la versión de los ganadores se hace evidente en sí misma y éstos reciben más consideración y prestigio, mientras que se va borrando el recuerdo de los perdedores y del debate sostenido. El poder se ejerce de manera encubierta en los debates mediante la introducción de informes selectivos en las revistas, el compromiso de científicos prestigiosos, la gestión de los encuentros profesionales, las presiones a los editores para rechazar determinados artículos, la discriminación en el acceso a los fondos de financiación de la investigación, la amplificación de la divulgación de los errores o los rasgos patológicos de los contrincantes, etc.

Pero el mecanismo más decisivo es el papel desempeñado por un grupo reducido de expertos del área, el denominado *core set* (amigos y enemigos a la vez), la instancia que resuelve el nudo gordiano de la inducción científica por la vía sociológica, haciendo consistentes las contingencias sociales con los cánones formales metodológicos.

El planteamiento anterior subraya los factores sociales internos de las controversias, pero deja en el aire las interacciones externas del sistema científico con las autoridades, las instituciones que suministran las subvenciones económicas y el resto de la sociedad, puestas de manifiesto por la teoría del actor-red (Latour, 1987). Esta teoría es el resultado de intentar la identificación de las interacciones entre científicos, factores científicos y sociedad, que forman una red de relaciones donde existen puntos de paso obligatorio para los participantes y permiten el control de toda la red, de modo que, en el fondo, lo que se están dilucidando son las relaciones de poder en la ciencia. Esta teoría considera que todos los elementos están en interacción y presenta la novedad de la incorporación de la tecnología a los análisis, ya que, en la actualidad, la ciencia y la tecnología tienen una interconexión muy estrecha, de forma que ya no se puede entender la una sin la otra, formando un continuo difícil de discernir y al que se denomina tecnociencia (Acevedo, 2006). El resultado de la creación de estas redes es que el trabajo de los científicos interesa a otros actores y a un numeroso público a través de los puntos de paso obligatorios, de manera que se alcanza lo que se denomina una acción a distancia, esto es, la influencia de la ciencia, creada en un laboratorio más o menos apartado, sobre otros muchos lugares y públicos. Para alcanzar esta acción a distancia se requieren medios que permitan la comunicación, la movilidad y que mantengan la estabilidad y la recombinabilidad del producto (Latour, 1987). Además, se precisa que exista una base empírica, una línea de explicación lógica y racional, convencer al público de la autenticidad del producto y la garantía de que la movilidad no afecta a la validez del producto (Woolgar, 1988).

La gran ciencia o macrociencia contemporánea también ha cambiado muchos rasgos de la comunidad científica académica tradicional (Acevedo, 1997, 2006). De un lado, el sistema de recompensas, introduciendo el prestigio social y las compensaciones económicas, como consecuencia de la importancia vital de los resultados científicos para la fuerza, la seguridad y el bienestar social, así como la ingente cantidad de medios y presupuestos canalizados hacia la investigación científica. De otro lado, la aparición de los equipos de científicos y el trabajo en colaboración descargan la excesiva tensión sobre un científico individual hacia el grupo y los denominados colegios invisibles, que son grupos de científicos de diferentes lugares del mundo, ocupados en áreas de investigación comunes y conectados por circuitos que organizan la vida informal del grupo. Dentro del colegio invisible se constituye el sistema de poder que se ejerce en aras del objetivo de investigación del grupo y, por ende, de la sociedad, sobre la que supuestamente deben revertir sus descubrimientos, pero resulta obvio que también tiene importantes consecuencias y recompensas personales y grupales muy apreciadas.

El análisis etnometodológico del discurso científico es otra línea de estudio que aporta elementos de interés para el conocimiento de la

comunidad científica. Gilbert y Mulkay (1984) han analizado los contextos de producción lingüística, identificando dos tipos diferentes de discursos, el empirista y el contingente, usados en diversos contextos. El discurso empirista se emplea en los contextos formales de la actividad científica (artículos, conferencias, comunicaciones) y se caracteriza por la eliminación total de cualquier tipo de sombra subjetiva del autor y la presentación del discurso como resultado directo de los datos empíricos. El discurso contingente se usa en contextos informales para dar cuenta de los errores de otros colegas; éste se caracteriza por usar términos vagos e imprecisos y, en general, asocia la intrusión de factores no científicos a la distorsión resultante. Se comprueba la asimetría de los discursos de grupos rivales y en abierta competencia cuando se dirigen al trabajo de uno u otro grupo. El análisis del discurso también aborda las creencias epistemológicas sustentadas por los científicos, habiéndose encontrado que éstas se muestran sobre todo como declaraciones legitimadoras de las decisiones técnicas, especialmente en los discursos de los actos formales de celebración (p.e., en la ceremonia de entrega de los premios Nobel), y se aprovechan para transformar los éxitos personales en virtudes del colectivo y reforzar así la imagen tradicional de las actividades científicas como racionales, desinteresadas, objetivas, escépticas, etc. (Woolgar, 1988).

En suma, por encima de los detalles y aportaciones originales, los estudios etnográficos sobre la ciencia subrayan su carácter social en tres dimensiones principales: la práctica de la ciencia como trabajo en equipo, las operaciones y argumentos de otros científicos y la propia naturaleza o realidad social como subproductos de la misma. Por ello también se habla de la ciencia como una actividad política, pues no sólo está impregnada por intereses y temas socioeconómicos, sino que también emplea técnicas comunes con la política como la retórica, la argumentación, la persuasión, etc.

Los valores en la ciencia

A la luz de las diversas perspectivas de la sociología de la ciencia desgranadas en los párrafos anteriores, puede decirse que el trabajo científico está guiado tanto por la evidencia empírica y la lógica científica como por un conjunto de relaciones sociales, supuestos, creencias y valores que los científicos usan para tomar sus decisiones. Estos valores pueden ser incluso contradictorios, según el ámbito de producción que se considere, como ciencia pública o ciencia privada. Así la ciencia pública (el discurso empirista) pretende mostrarse como universalista, desinteresada, imparcial, objetiva, escéptica e igualitaria, mientras que la ciencia privada aparece jerarquizada, ególatra, subjetiva, interesada, competitiva, asimétricamente crítica, etc. Longino (1983, 1990) distingue entre valores constitutivos, que son propios e inherentes a la ciencia, y valores contextuales o externos a la matriz disciplinar de la ciencia, pero que se infiltran en ella, incluso sutilmente, tales como los valores éticos, ideológicos, económicos, políticos, religiosos y culturales (Acevedo, 1997, 1998; Echeverría, 2002, 2003). Entre los valores constitutivos estarían la aspiración a la exactitud, la objetividad, la parsimonia, la imparcialidad, la apertura mental y el escepticismo. Esto no significa que realmente la ciencia sea siempre así, pero sí que, al menos en la ciencia pública, intenta aproximarse a este

modelo. No obstante, el proceder de la ciencia privada no siempre esté de acuerdo con esos valores, incluso se podría decir que, en ocasiones, parece alejada de ellos, de modo que un científico puede ser subjetivo, sesgado y poco o nada escéptico en el ámbito privado, pero en su producción pública intentará justificar que el conocimiento producido se ajusta a los valores constitutivos de la ciencia.

Los valores contextuales provienen del contexto humano y social en que se desarrolla la investigación y, en general, la vida de los científicos. La fuente de estos valores es la naturaleza humana, sustrato común de toda actividad científica, y la naturaleza social de las relaciones humanas, que se concretan en la sociedad que sostiene y financia la ciencia, de manera que la intervención sutil de estos valores en las decisiones científicas sólo se puede comprender tras un detenido análisis de las interacciones entre la sociedad y la ciencia. Debido a su origen social, algunos de estos valores contextuales son muy idiosincrásicos; por ejemplo, los valores éticos e ideológicos propios y característicos de cada sociedad, por pequeña que ésta sea. En cambio, otros valores contextuales tienen un carácter más universal, porque obedecen a rasgos compartidos interculturalmente, aunque puedan estar teñidos parcialmente de peculiaridades idiosincrásicas; algunos de estos valores más importantes en la ciencia son, por ejemplo, los relacionados con las culturas occidental y oriental o los ligados al género, es decir, las subculturas masculina y femenina.

Otro de los valores que ha atraído la atención de los estudiosos de estos temas es la motivación de los científicos en su trabajo. Además de la natural curiosidad por el conocimiento del mundo natural, característica que se puede considerar al alcance de cualquier persona, la motivación principal de los científicos parece residir en el sistema de gratificación y recompensas proporcionado por sus colegas (prestigio, honores, reconocimiento, escalafón, etc.). No obstante, las motivaciones personales de los científicos pueden ser tan variadas como sus propios temperamentos y actitudes. Así, algunos científicos se caracterizan por perseguir un único objetivo con tenacidad y constancia. En otras ocasiones las grandes ideas sobrevienen de improviso, como en una iluminación súbita. La aprobación de los colegas da ánimo, pero la indiferencia o la crítica frontal pueden incluso llegar a tener trágicas consecuencias. El placer y el disfrute puramente estético, un profundo sentido de compromiso con los valores constitutivos de la ciencia, así como el deseo de dejar un legado para la posteridad, también aparecen como importantes motivaciones de la investigación científica.

Otra cualidad asignada a los científicos es la creatividad, esto es, la capacidad de establecer asociaciones inesperadas, poco habituales o incluso descabelladas, entre las ideas o las cosas. Esta característica resulta un tanto esquizoide, pues va en contra de la objetividad y el conservadurismo del conocimiento, y configura al científico como una persona que debe sobrevivir a la aguda tensión producida entre la creatividad libre y la necesaria objetividad de sus propuestas.

Por último, existen pruebas bibliográficas de que la comunidad tecnocientífica es muy poco eficiente en apariencia, por la gran cantidad de investigaciones realizadas que han sido abandonadas en el camino de construcción del conocimiento científico por inútiles, inservibles o erróneas.

El trabajo socio-bibliográfico de Price (1963) demuestra que la magnitud del esfuerzo invertido en ideas falsadas es enorme. Se estima que en torno a un 90% del trabajo científico publicado en revistas de investigación es olvidado o no tiene prácticamente incidencia en la construcción del conocimiento. Esto podría parecer una dilapidación de esfuerzos sin precedentes, insostenible e injustificable, pero, a juzgar por los resultados globales obtenidos por la ciencia operando de este modo, (parece que merecen la pena! Pese a este aparente despilfarro, el sistema tecnocientífico goza de la más alta confianza económica y financiera de los gobiernos, las corporaciones y las empresas y, en cierto modo, ese derroche de ideas puede no sólo ser un indicador distintivo, no precisamente negativo, y tal vez un tributo inevitable a la eficacia, la imaginación y la creatividad exigidas y necesarias por y para el progreso científico (Ziman, 1978).

La naturaleza de la ciencia en la educación científica

En general, las cuestiones relativas a la NdC constituyen hoy uno de los elementos centrales e innovadores de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas y, en consecuencia, se configuran como un aspecto esencial de la ciencia escolar actual (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Matthews, 1998a; Ziman, 2000). La enseñanza explícita de la NdC en la educación científica suscita un amplio acuerdo en la investigación de didáctica de las ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell *et al.*, 2001), aunque aún no lo están tanto los medios para lograr sus propios objetivos de enseñanza (Bell, 2005). El consenso existente en el marco de la didáctica de las ciencias se ha trasladado también a numerosos currículos de ciencias reformados en diversos países durante los años noventa del siglo XX (McComas y Olson, 1998).

Aunque los diferentes expertos están de acuerdo en la necesidad de enseñar NdC, la inclusión de estas cuestiones en el currículo es complicada. La complejidad de la noción de NdC como metaconocimiento multidisciplinar, que surge de las reflexiones de filósofos, sociólogos e historiadores de la ciencia, científicos, profesores y especialistas en didáctica de las ciencias, se ha discutido con suficiente extensión en una publicación previa (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007a). Las controversias y debates entre estos especialistas son el origen de una de las grandes dificultades para la inclusión de contenidos de NdC en la educación científica; a saber, la falta de acuerdo para definir las creencias que se consideran con suficiente consenso para ser enseñadas en el currículo de ciencias como contenidos adecuados de NdC (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001).

La bibliografía especializada muestra dos corrientes de opinión opuestas respecto a la selección de los contenidos curriculares de la NdC para la educación científica. La primera es una posición de disenso que sostiene que no es factible alcanzar acuerdos básicos sobre los temas de NdC (Alters, 1997a,b). La segunda, que hoy día se abre paso mayoritariamente, es una posición de consenso que defiende la posibilidad de conseguir acuerdos básicos sobre NdC (Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004), pese a su complejidad y los desacuerdos aún existentes en ciertos temas. En esta segunda línea, la búsqueda del consenso se ha centrado en identificar los

aspectos de NdC que se estiman adecuados, es decir, que constituyen una descripción más apropiada de la NdC (Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Felske, Chiappetta y Kemper, 2001; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998; Osborne *et al.*, 2003; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996; Smith *et al.*, 1997; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2004, 2005), así como en los aspectos que se consideran mitos (McComas, 1996, 1998), visiones deformadas (Fernández *et al.*, 2002, 2003; Fernández, Gil-Pérez, Valdés y Vilches, 2005) o creencias inadecuadas sobre NdC (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005b; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006). Este asunto ya ha sido analizado con detalle en otro artículo precedente, que establece los fundamentos de esta investigación empírica, por lo cual no nos extenderemos más en él (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007a).

En consonancia con la posición adoptada, este estudio muestra los acuerdos logrados en una investigación empírica con jueces respecto a cuestiones de NdC correspondientes al ámbito de la sociología interna de la ciencia y la tecnología (las características y relaciones de la comunidad tecnocientífica). Los consensos se extienden tanto a los aspectos de NdC que se consideran adecuados como a los inadecuados, cuya principal importancia reside en su carácter de auténticas creencias alternativas.

Metodología

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

El método elegido para establecer los posibles acuerdos sobre NdC se basa en recoger las valoraciones de un panel de 16 jueces expertos a una encuesta directa de cuestiones de NdC. La variedad de antecedentes profesionales de los jueces expertos garantiza una diversidad de puntos de vista respecto a la temática planteada. Los 16 jueces cumplen la condición de compartir en mayor o menor grado una cierta especialidad en NdC, junto con otra ocupación principal como asesores o formadores de profesores de ciencias (5), filósofos (4), investigadores en didáctica de las ciencias (4) y profesores de ciencias (3). La muestra está compuesta por 5 mujeres y 11 hombres. Cuatro jueces son licenciados en filosofía, uno de ellos también lo es a la vez en ciencias, mientras que los demás (12) son licenciados en ciencias (física, química, biología y geología). Los jueces ejercen como profesores de secundaria (5), asesores de ciencias en centros de formación del profesorado (4) y profesores de universidad e investigadores (7). La mayoría (12) tienen una actividad investigadora reconocida en el ámbito de la didáctica de las ciencias o en la educación en Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS en adelante).

El instrumento empleado es el Cuestionario de Opiniones sobre CTS (COCTS), constituido por 100 cuestiones de opción múltiple (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003), en las que se plantean distintos asuntos que permiten reflejar creencias y actitudes sobre NdC desde una perspectiva CTS amplia que engloba diversas perspectivas temáticas. Todas

las cuestiones tienen el mismo formato de elección múltiple, que se inicia con una cabecera de pocas líneas donde se plantea un problema, seguido de una lista de frases que ofrecen un abanico de diferentes respuestas razonadas al problema planteado (unas 7 frases de promedio por cuestión). Este estudio está dedicado a diversos aspectos de la comunidad tecnocientífica y comprende la aplicación de 30 cuestiones (194 frases) correspondientes a la dimensión del COCTS denominada sociología interna de la ciencia y la tecnología (tabla 1).

SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA		
TEMAS	SUBTEMAS	CUESTIONES
6. Características de los científicos	01. Motivaciones	60111
	02. Valores y estándares	60211, 60221, 60222, 60226
	03. Creencias	60311
	04. Capacidades	60411, 60421
	05. Efectos de género	60511, 60521, 60531
	06. Infrarepresentación de las mujeres	60611
7. Construcción social del conocimiento científico	01. Colectivización	70111, 70121
	02. Decisiones científicas	70211, 70221, 70231
	03. Comunicación profesional	70311, 70321
	04. Competencia profesional	70411
	05. Interacciones sociales	70511
	06. Influencia de individuos	70611, 70621
	07. Influencia nacional	70711, 70721
	08. Ciencia pública y ciencia privada	70811
8. Construcción social de la tecnología	01. Decisiones tecnológicas	80111, 80121, 80131
	02. Autonomía de la tecnología	80211

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

Los jueces valoraron la adecuación de cada una de las frases del COCTS, en el contexto de cada cuestión y desde la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia, utilizando para ello una escala de nueve puntos (1-9), cuyas puntuaciones tienen el significado que se indica en la tabla 2.

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

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

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

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

Resultados

En esta sección se analizan los consensos conseguidos respecto a creencias adecuadas e ingenuas acerca de cuestiones sobre la comunidad científica. En conjunto, las 30 cuestiones estudiadas, que contienen 194 frases valoradas por los jueces, presentan el acuerdo en 7 frases como creencias adecuadas y 20 como creencias ingenuas. Sólo hay una cuestión donde el consenso de los jueces es unánime, es decir, en la que los 16 jueces coinciden en evaluar una frase en la misma categoría. En este caso, se trata de dos frases relativas a la importancia del género en la ciencia (60611 A y B), valoradas por unanimidad como creencias ingenuas:

60611 Hoy día, en nuestro país, hay muchos más científicos que científicas. La PRINCIPAL razón de esto es:

A. los hombres son más fuertes, rápidos, brillantes y mejores en concentrarse en sus estudios.

B. los hombres parecen tener más capacidad científica que las mujeres; éstas pueden sobresalir en otros campos.

En general, los consensos correspondientes a creencias ingenuas parecen más fáciles de conseguir por los jueces que los consensos sobre creencias adecuadas; ninguna creencia adecuada alcanza la unanimidad y ni siquiera el consenso casi unánime (15 jueces), mientras que entre las creencias ingenuas dos logran la unanimidad y una tiene el consenso casi unánime (15 jueces).

Considerado de modo global, el subsistema tecnocientífico se ha convertido en una institución social que comprende una comunidad de personas y medios técnicos, así como el conjunto de relaciones que esa comunidad y sus medios establecen entre ellos mismos y con el resto de la sociedad. Como cualquier otro grupo social, la comunidad tecnocientífica tiene sus propias características y reglas que la rigen, así como una dinámica particular que viene determinada por los objetivos de conocimiento de la empresa tecnocientífica.

La sociología interna de la ciencia y la tecnología se refiere al conjunto de rasgos y relaciones que conforman la comunidad tecnocientífica como un grupo de personas que trabajan para el cumplimiento de sus objetivos y funciones.

Los resultados relativos a los consensos sobre este tema se ofrecen organizados en tres apartados: las características de los científicos, la construcción social del conocimiento científico y la construcción social de la tecnología.

Consensos sobre las características de los científicos

Entre las cuestiones relativas a las características de los científicos se incluyen motivaciones, valores, ideologías y capacidades y la influencia del género en la ciencia (tablas 3a y 3b).

Respecto a los rasgos de mentalidad abierta e imparcialidad atribuidos a los mejores científicos (60211), se valora como una creencia ingenua el que los mejores científicos deban tener estas características, porque si no se perjudica a la ciencia o porque son necesarias para hacer la mejor ciencia. En el otro extremo, también se considera una creencia ingenua que los rasgos opuestos a los anteriores (mentalidad estrecha, parcialidad) tampoco condicionen el éxito en el trabajo científico (60221). Finalmente, también se considera una creencia ingenua suponer que los científicos posean esas características (60222) en mayor o menor medida que otras personas, tal como se puede apreciar en la vida cotidiana o familiar.

De todas las cuestiones sobre las características personales y sociales de los científicos sólo ha conseguido el consenso como creencia adecuada una frase correspondiente 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 mito del científico aislado o tan absorbido por su trabajo que le impide tener una vida social y familiar normales (60411) se considera una creencia ingenua sobre la vida de los científicos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CIENTÍFICOS	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
60211 El mejor científico es siempre de mentalidad abierta, imparcial y objetivo en su trabajo. Estas características personales son necesarias para hacer mejor ciencia.	
	A. Los mejores científicos tienen estas características, ya que de otra forma la ciencia se perjudicaría. B. Los mejores científicos tienen tales características, porque cuantas más características de estas se tengan, mejor ciencia se hará.
60221 Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo, ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo). Los científicos tienen estas características, no sólo en su trabajo, sino también en su vida familiar.	
	F. Los científicos pueden tener una mentalidad MENOS abierta porque su éxito en el trabajo depende de tener una mentalidad ilógica, única o estrecha.
60222 Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo, honrado). En su vida familiar los científicos tienen estas características personales EN MAYOR MEDIDA que otras personas.	
	B. Los científicos tienen estas características en su casa más que otras personas. Los científicos saben más que otras personas del mundo físico y este conocimiento extra realza las características personales citadas. G. Los científicos tienen MENOS estas características personales, e incluso pueden tener las características contrarias (ser mentalidad estrecha, ilógicos, parciales y subjetivos), por estar tan profundamente metidos, interesados y educados en su campo específico.
60311 Las creencias religiosas de un científico no producen diferencias en los descubrimientos científicos que hace.	
Las creencias religiosas producen diferencias: D. Porque, a veces, las creencias religiosas afectan a lo que los científicos hacen o los problemas que escogen para trabajar.	
60411 Los científicos no tienen prácticamente vida familiar o social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo.	
	A. Los científicos necesitan estar profundamente metidos en su trabajo para tener éxito. Esta profunda implicación les impide su vida social y familiar.
60511 Hoy día hay muchas más mujeres científicas de las que solía haber. Esto originará diferencias en los descubrimientos científicos que se hagan; los descubrimientos realizados por mujeres tenderán a ser diferentes que los hechos por los hombres.	
	I. Los hombres realizarían descubrimientos algo diferentes porque, los hombres son mejores que las mujeres en ciencia. J. Las mujeres probablemente realizarían descubrimientos algo mejores que los hombres, porque las mujeres son generalmente mejores que los hombres en algunas cosas como el instinto y la memoria.

Tabla 3a.- Consensos sobre las características de los científicos.

60521 Trabajando en ciencia o tecnología, una buena científica mujer realizaría el trabajo básicamente de la misma manera que un buen científico hombre.	
NO hay diferencias entre científicos y científicas en la manera que hacen ciencia: 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.	H. Los hombres trabajarían en ciencia de manera algo diferente, porque los hombres trabajan en ciencia mejor que las mujeres.
60531 Los científicos hombres se concentran sólo en el razonamiento objetivo (los hechos que apoyan una idea). Las mujeres científicas TAMBIÉN prestan atención a los valores humanos y sentimientos subjetivos (personales).	
	NO hay diferencias entre los científicos y las científicas: A. porque no hay lugar para los valores humanos y sentimientos subjetivos en el laboratorio y en la ciencia.
60611 Hoy día, en nuestro país, hay muchos más científicos que científicas. La PRINCIPAL razón de esto es:	
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. 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.	A. los hombres son más fuertes, rápidos, brillantes y mejores en concentrarse en sus estudios. B. los hombres parecen tener más capacidad científica que las mujeres; éstas pueden sobresalir en otros campos.

Tabla 3b.- Consensos sobre las características de los científicos.

El papel del género en la ciencia ha suscitado tres acuerdos respecto a creencias adecuadas basadas en el principio de equidad.

- 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 (60521).
- 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 (60611).
- 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 (60611).

La cuestión del género y el denominado sesgo androcéntrico de la tecnociencia suscita con frecuencia la polémica acerca de la influencia del género en el conocimiento científico. Una primera cuestión plantea si los

descubrimientos realizados por mujeres son diferentes de los hechos por hombres (60511). Se alcanza el consenso estimando como creencia ingenua atribuir estas diferencias a la superior capacidad de los hombres o de las mujeres.

La segunda cuestión en torno al género en la ciencia plantea si los hombres y las mujeres realizan un buen trabajo científico de la misma manera (60521). En este caso se considera una creencia ingenua pensar que estas diferencias, si existen, sean debidas a que los hombres sean mejores que las mujeres en ciencia.

La tercera cuestión plantea las diferencias en el trabajo entre científicos hombres o mujeres, basadas en características diferenciales como el razonamiento objetivo para los hombres y la atención a los valores y sentimientos subjetivos para las mujeres (60531). Aquí se considera una creencia ingenua estimar que no hay diferencias entre hombres y mujeres porque en la ciencia no hay lugar para los valores y los sentimientos.

Por último, otra cuestión plantea la causa de que existan más científicos que científicas en la actualidad (60611). Se considera una creencia ingenua atribuir estas diferencias a que los hombres son más brillantes, mejores o capaces que las mujeres.

En suma, se consideran creencias ingenuas en torno al papel del género en la ciencia y la tecnología todas aquellas que se basan en asignar a hombres o mujeres características diferenciales de superioridad que tienen una influencia inmediata sobre su trabajo.

Consensos sobre la construcción social del conocimiento científico

Entre las cuestiones relacionadas con la construcción social del conocimiento científico se incluyen la colectivización de la investigación, las controversias y las decisiones científicas, la comunicación y competencia profesionales, las interacciones sociales de los científicos, la influencia de individuos singulares, la influencia nacional y la ciencia pública vs. ciencia privada (tablas 4a y 4b).

Las controversias y desacuerdos en la ciencia son frecuentes como parte de la actividad dialéctica de contraste y confirmación de hipótesis y teorías. 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 otros factores externos, culturales, sociales y psicológicos (no-epistémicos). El consenso alcanzado en esta cuestión (70211) reconoce como creencia adecuada la naturaleza poliédrica de estas controversias, donde confluyen ambos tipos de factores (epistémicos y no-epistémicos). 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. Así mismo, se considera una creencia ingenua pensar que los desacuerdos entre científicos ocurren porque no se han descubierto todos los hechos (70211) ya que el conocimiento científico se basa en los hechos y la comprensión.

CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
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, agradecer a quienes emplean o a las instituciones 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.	A. porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica.
70221 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sus sentimientos subjetivos o por motivaciones personales.	
	A. Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial.
70231 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Toman esta decisión por consenso; esto es, los que la proponen deben convencer a una gran mayoría de otros científicos para que crean en la nueva teoría.	
	Los científicos que proponen una teoría NO tienen que convencer a otros científicos: D. porque las pruebas que la apoyan hablan por sí mismas. E. porque cada científico decidirá individualmente si usa la teoría o no.
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.	
70321 Cuando un equipo de investigación hace un descubrimiento es correcto que lo anuncie a los medios de comunicación, antes que otros científicos lo hayan discutido.	
	El equipo de investigación debería anunciarlo directamente al público: A. para obtener credibilidad por el descubrimiento y evitar que otros científicos les roben la idea
70611 Con los mismos conocimientos básicos, dos científicos pueden desarrollar la misma teoría independientemente uno de otro. El carácter del científico NO influye en el contenido de una teoría.	
	A. porque el contenido se basa en hechos y en el método científico, que no están influidos por aspectos personales.

Tabla 4a.- Consensos sobre la construcción social del conocimiento científico.

70711 Los científicos formados en distintos países tienen maneras diferentes de ver un problema científico. Esto quiere decir que el sistema educativo o la cultura de un país pueden influir sobre las conclusiones a las que llegan.	
	El país NO marca diferencias: F. porque los científicos de todo el mundo usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.
70621 Algunos científicos brillantes como Einstein tienen una manera personal y peculiar de ver las cosas. Estos puntos de vista creativos determinan cómo interpretan las cosas otros científicos en el mismo campo.	
	E. Los científicos brillantes NO influyen en otros científicos. Cada científico tiene su particular manera de ver las cosas. Esto conduce a nuevas ideas en ciencia.

Tabla 4b.- Consensos sobre la construcción social del conocimiento científico.

Análogamente, se discute si la decisión de aceptar nuevas teorías científicas después de una controversia se basa en hechos objetivos o puede estar influida por otros factores subjetivos (70221). Se considera una creencia ingenua que la aceptación de las teorías por parte de los científicos se base exclusivamente en los hechos (porque en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente justificada). La misma cuestión de la aceptación de las teorías se plantea desde la perspectiva del consenso basado en el convencimiento de los científicos (70231). Se consideran creencias ingenuas las que establecen que no es necesario convencer a los científicos, bien porque los hechos que apoyan una teoría hablan por sí mismos (y, por tanto, no se requiere más), o bien porque se trata de una decisión individual y no colectiva.

Como en el caso anterior, la presencia de objetivos epistémicos (p.e., hacer avanzar el conocimiento) y no epistémicos (p.e., hacer carrera profesional) en el trabajo de los científicos, que se traduce 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 promocionarse o ganar credibilidad ante los colegas y las instituciones que financian la investigación). El consenso conseguido por los jueces es ecléctico, ya que reconoce como creencia adecuada 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). La comprensión de la forma en que se comunica y se hace público el conocimiento científico también es un aspecto crucial para comprender la NdC, en particular, si se debe presentar primero al público o a la comunidad científica (70321). En este caso, se considera una creencia ingenua pensar que hay que anunciarlo directamente al público para obtener credibilidad y evitar el plagio o la anticipación por otros científicos.

La influencia de las características personales de cada científico sobre el conocimiento que es capaz de producir (70611) también es una cuestión extensamente debatida. Se considera una creencia ingenua que el carácter del científico no influya sobre el contenido de una teoría, porque el contenido se basa en hechos y el método científico, que no están influidos por los rasgos personales. Otro aspecto de la cuestión del individualismo en la ciencia se refiere a la influencia de algunos científicos brillantes y

creativos, como por ejemplo Einstein, sobre el resto de la comunidad científica (70621). Al respecto, se considera una creencia ingenua que los científicos descollantes no influyen en los demás, porque cada científico individual tiene su particular manera de ver las cosas. Así mismo, el país donde los científicos trabajan puede influir en sus conocimientos y teorías (70711). En este caso, se considera una creencia ingenua que el país no establece diferencias entre los científicos porque todos usan el mismo método científico, que conduce a similares conclusiones.

Consensos sobre la construcción social de la tecnología

Entre los asuntos relativos a la construcción social del conocimiento tecnológico se incluyen cuestiones acerca de las decisiones tecnológicas y la autonomía de la tecnología (tabla 5).

CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
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 compensen 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.	

Tabla 5.- Consensos sobre la construcción social de la tecnología.

El único acuerdo logrado en esta temática corresponde a una creencia adecuada relativa a las decisiones sobre el desarrollo tecnológico. 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 a las desventajas. El consenso alcanzado en esta cuestión (80131) muestra como creencia adecuada muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero o conseguir poder, aunque sus desventajas fueran mayores que sus ventajas; de este modo, el desarrollo tecnológico aparece muy ligado a intereses inmediatos y alejados de potenciales beneficios para la sociedad.

Discusión e implicaciones para la enseñanza de las ciencias

Este estudio presenta aportaciones concretas al conocimiento de las creencias y actitudes adecuadas e ingenuas, amparadas por un alto consenso entre los especialistas, que se refieren a tópicos de NdC relativos a cuestiones correspondientes a la sociología interna de la ciencia y la tecnología; es decir, a temas relacionados con la comunidad tecnocientífica. Por otro lado, los consensos diagnosticados en este ámbito tan polémico y complejo tienen implicaciones directas para la enseñanza de la NdC en la escuela, pues representan cuestiones concretas que pueden ser usadas como parte de un currículo para introducir la NdC en la enseñanza de las ciencias. Ambos asuntos serán discutidos y desarrollados a continuación.

Antes de proceder a ello, debe precisarse que el sentido otorgado aquí a la NdC es más amplio que la reducción a la mera epistemología de la ciencia y la tecnología, tal y como se interpreta restrictivamente en otros estudios (Osborne *et al.*, 2003). El desarrollo contemporáneo de la sociología del conocimiento ha contribuido a resaltar los aspectos sociológicos de la ciencia, en particular las relaciones entre la comunidad tecnocientífica y el conocimiento científico, como un elemento central de la NdC. Desde esta perspectiva, hace varios lustros que el movimiento CTS ha resaltado también la perspectiva sociológica de la ciencia y tecnología como parte relevante de la educación científica y este estudio asume estos elementos como propios de la NdC, superando así el reduccionismo señalado y contribuyendo a ampliar el concepto de NdC, en este caso con los aspectos de la sociología interna de la ciencia, como comunidad de investigadores y tecnólogos (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002).

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

Desde un punto de vista metodológico, la definición del consenso mediante un criterio de mayoría cualificada de jueces es útil para diferenciarlo del disenso, a pesar de que su carácter convencional condiciona de alguna manera los resultados. Como se ha indicado en artículos anteriores, un criterio más exigente proporcionaría menos acuerdos, mientras que otro más laxo los aumentaría (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007b; Vázquez, Acevedo, Manassero, 2004). Por otro lado, el error de medida que afecta aleatoriamente a cualquier resultado también podría hacer que algunas frases situadas dentro del intervalo de error, por debajo del criterio mínimo adoptado (esto es, con el acuerdo de 10 jueces o menos), constituyeran un conjunto de frases potencialmente susceptibles de consenso. Futuras investigaciones, aplicando criterios múltiples o cruzados, podrían perfeccionar el método y serían de gran utilidad para confirmar o rechazar los resultados obtenidos.

La valoración global de los consensos expuestos en este estudio ofrece la cara (consenso) y la cruz (disenso) de la moneda (NdC). Por un lado, los resultados confirman que el consenso entre los especialistas existe y los acuerdos pueden ser identificados. Por otro, los resultados obtenidos también demuestran que, aunque alcanzable, el consenso es difícil y la controversia sigue estando presente en la raíz de las cuestiones de NdC. Así, el grado de acuerdo respecto a las 194 frases de sociología interna de la ciencia valoradas es bastante variable y las que satisfacen el exigente criterio adoptado para el consenso son muy escasas (sólo 27 frases lo han satisfecho –en torno a una de cada siete–, de las cuales 7 son adecuadas y 20 ingenuas). También cabe destacar que sólo dos frases logran la

valoración unánime de los 16 jueces como creencias ingenuas, mientras que ninguna consigue el acuerdo de 15 ó 16 jueces como creencia adecuada.

Estos hallazgos son trascendentales para la planificación de la enseñanza de la NdC, en un sentido amplio de ésta como parte importante de la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas. La implicación más obvia que tienen los resultados empíricos mostrados en este estudio afecta a la toma de decisiones sobre la selección de los contenidos curriculares más apropiados para la enseñanza de la NdC: los consensos de los jueces sugieren qué contenidos deberían ser trabajados en las actividades de aula, con la garantía de que representan creencias ampliamente compartidas por diversos expertos desde los conocimientos actuales de filosofía, historia y sociología de la ciencia y la tecnología. Con las reservas expresadas, la propuesta para la práctica educativa que se deduce directamente de los consensos alcanzados empíricamente es que éstos deberían conformar los contenidos del currículo de NdC, expresados de manera sintética por las creencias resumidas en las tablas 3, 4 y 5. En el proceloso océano de la NdC, esta selección supone un avance importante. Además, esta propuesta concuerda con las repetidas sugerencias para llevar a cabo una enseñanza explícita de la NdC a partir de objetivos relativamente modestos y asequibles para todos los estudiantes (Hogan, 2000, Lederman, 1999; Matthews, 1998b; Monk y Osborne, 1997).

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

El principio más general vigente en toda la educación es la gradación de los objetivos y contenidos curriculares según el desarrollo psicobiológico de los estudiantes, de forma que exista una sincronía entre las exigencias del currículo y las capacidades de aprendizaje de la mayoría de los estudiantes. Las grandes teorías del desarrollo psicoevolutivo destacan el progreso gradual de las capacidades personales, de modo que el principio didáctico de enseñar procediendo de lo simple a lo complejo conduce a la apreciación del valor que tienen las ideas más simples de NdC, que serían las más adecuadas para las edades más tempranas. Así pues, la gradación de la complejidad de las cuestiones a tratar en el aula implica adaptación a la edad y a la etapa de estudios del alumnado, debiéndose construir secuencias de contenidos que van desde los elementos más básicos (aproximaciones descriptivas simples de la comunidad tecnocientífica) hasta las relaciones más complejas y problemáticas de la comunidad tecnocientífica, incluyendo las controversias y ciertos conceptos epistemológicos que se derivan de ellas (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). La gradación de la complejidad de las creencias sobre la comunidad tecnocientífica, como contenidos curriculares, sería un paso necesario para la adaptación del currículo a la edad y las diversas etapas y cursos de la educación reglada. Para ello se requiere disponer de creencias,

adecuadas o ingenuas, sencillas (p.e., los hombres y las mujeres tienen la misma competencia para el trabajo científico) y otras más complejas (p.e., las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial).

Algunas de las creencias sobre NdC que han conseguido el consenso en el presente estudio se refieren a cuestiones muy sencillas y genéricas, y quizás pueden parecer demasiado elementales y simples desde una perspectiva filosófica o sociológica más académica. Ejemplos de creencias ingenuas de este tipo podrían ser que (i) el mejor científico es siempre de mentalidad abierta, imparcial y objetivo en su trabajo; (ii) los científicos necesitan estar profundamente metidos en su trabajo para tener éxito y esta implicación les impide desarrollar su vida social y familiar; (iii) los hombres realizarían descubrimientos algo diferentes a los de las mujeres porque los hombres son mejores que las mujeres en ciencia; (iv) las mujeres probablemente realizarían descubrimientos algo mejores que los hombres porque las mujeres son generalmente mejores que los hombres en algunas cosas como el instinto y la memoria; (v) los hombres son más fuertes, rápidos, brillantes y mejores en concentrarse en sus estudios; (vi) las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial; (vii) los científicos brillantes no influyen en otros científicos porque cada científico tiene su particular manera de ver las cosas; (viii) el país de procedencia no establece diferencias porque los científicos de todo el mundo usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares. Este tipo de creencias sencillas no suele aparecer en los debates de más nivel académico, pero son válidas para considerarlas parte de la alfabetización científica y tecnológica relativa a la NdC, sobre todo en los cursos obligatorios y elementales, como expresión de una educación científica para todas las personas que debe plantear objetivos relativamente modestos (Matthews, 1998a), aunque también pueda incluir otros más avanzados. En este sentido, no debe olvidarse que, dentro de este marco, la enseñanza de la NdC no pretende formar epistemólogos ni sociólogos de la ciencia sino personas científicamente cultas (Matthews, 1998b).

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

Un segundo principio general de la educación es la adaptación de la enseñanza al contexto específico de los estudiantes. Los contextos pueden ser muy diversos, si se atiende a su dimensión social o personal, pero aquí se pretende resaltar el que aparece ligado a las diversas finalidades con que se puede plantear la educación científica. En este caso, la adaptación al contexto significa enseñar una NdC que sea coherente con las distintas finalidades que se pretendan en la educación científica (Acevedo, 2004; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005a). Según Aikenhead (2003), pueden destacarse las siguientes finalidades:

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

Esta adaptación al contexto también implica que los contenidos de NdC posean una serie de características comunes, tales como viabilidad, utilidad, coherencia, gradación, inclusividad, etc.

Un nuevo grupo de implicaciones educativas para la enseñanza de la NdC viene dado por las reflexiones emanadas desde determinados aspectos de didáctica de las ciencias. Por ejemplo, muchos profesores confían en que las actividades educativas donde se llevan a cabo los métodos de la ciencia (prácticas de laboratorio, procesos de la ciencia, discusiones, etc.) permiten a los estudiantes aprender de forma natural contenidos de NdC. No obstante, algunas investigaciones de didáctica de las ciencias han demostrado que la enseñanza implícita de la NdC mediante cursos centrados en los métodos de la ciencia no es efectiva (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell *et al.*, 2001), por lo que se aboga por una enseñanza explícita. Enseñar explícitamente NdC requiere aplicar al desarrollo curricular de estas cuestiones todas las estrategias habituales en los contenidos educativos importantes; esto es, su inclusión explícita en la planificación del currículo (objetivos, contenidos y actividades) y, sobre todo, ponerlas en práctica en la evaluación de los estudiantes y del propio curso.

Otra cuestión didáctica que se plantea para la enseñanza de la NdC es la importancia relativa de las creencias adecuadas e ingenuas en el currículo de ciencias. Como se ha indicado en este artículo, algunos estudios precedentes se han centrado de modo específico en el consenso correspondiente a las creencias adecuadas (Eflin, Glennan y Reisch, 1999; Felske, Chiappetta y Kemper, 2001; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002; McComas, Clough y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998; Osborne *et al.*, 2003), o respecto a las creencias ingenuas (Fernández *et al.*, 2002, 2003; Fernández, Gil-Pérez, Valdés y Vilches, 2005; McComas, 1996, 1998), pero no en ambos a la vez. Los consensos mostrados en este estudio proporcionan integradamente, con una misma metodología y criterio, tanto creencias adecuadas como ingenuas

relacionadas con diversas dimensiones de la NdC correspondientes a la comunidad tecnocientífica (sociología interna de la ciencia), lo que representa un avance en la fundamentación empírica del tema abordado en este artículo. La presentación simultánea de las creencias adecuadas e ingenuas relativas a las cuestiones planteadas, necesarias ambas para ser tratadas en la enseñanza de las ciencias, es otra sugerencia innovadora de este estudio para la didáctica de las ciencias. En efecto, en cuestiones tan controvertidas como las presentadas sobre la NdC, no sólo son importantes las afirmaciones en positivo sino también en negativo, pues ambas contribuyen a mejorar el aprendizaje. La enseñanza de los rasgos positivos junto con los rasgos negativos puede contribuir a precisar mejor los contenidos más difíciles y escurridizos de la NdC.

Una cuestión más de interés para la enseñanza de la NdC es la importancia relativa que deben tener las creencias consensuadas frente a aquellas otras que no han alcanzado el consenso. En párrafos anteriores se ha reconocido el progreso que supone la identificación de las creencias que han alcanzado el consenso debido a que éstas aportan seguridad al desarrollo del currículo, pero ello no debe suponer la proscripción de las creencias sobre las que no hay acuerdo. La tradición cultural de la ciencia, contemplada a través de su historia, se caracteriza por una evidente tendencia de los científicos a los acuerdos y a la búsqueda de ellos mediante la resolución y clausura de las controversias. Esta disposición al consenso se ha transmitido demasiado amplificada al currículo de ciencias por los libros de texto, lo que ha ocultado el papel de las controversias científicas, las cuales también desempeñan un papel determinante en la contrastación de las teorías científicas. Este énfasis excesivo en reflejar los acuerdos por encima de los disensos produce una tendencia a borrar la historia y las contingencias evolutivas de la ciencia en los libros de texto, oscureciendo la naturaleza provisional del conocimiento científico, de tal forma que las ideas perdedoras desaparecen y sólo quedan las vencedoras. Se produce así una imagen deformada de certeza que no se corresponde con la génesis histórica del conocimiento científico (Fourez, 1994). Por tanto, enseñar NdC desde las creencias consensuadas, tanto adecuadas como ingenuas, equivale a resaltar la importancia de la naturaleza provisional del conocimiento científico y el valor de los procesos de su construcción, incluso para las teorías y leyes más contrastadas.

En el caso más radical, esta tendencia positivista de la enseñanza de las ciencias a considerar excesivamente absoluto el conocimiento científico aceptado y olvidar las creencias que no tuvieron éxito, como parte de la cultura propia del sistema tecnocientífico, está más próxima a un adoctrinamiento que a una educación de espíritus críticos y mentes abiertas a la creatividad. En consecuencia, aunque pueda parecer necesario en un área tan compleja y dialéctica, la excesiva insistencia en alcanzar el consenso respecto a creencias adecuadas de la NdC, tal y como hacen Osborne *et al.* (2003) y defienden muchos otros autores, no debe convertirse en un instrumento de exclusión de las creencias caracterizadas por la ausencia de acuerdos. Reconociendo el valor del consenso para la educación científica, éste no debe ser una condición necesaria para enseñar contenidos de NdC, como si solamente pudieran enseñarse los temas de NdC sobre los que existe acuerdo y, por el contrario, aquellos en los que

hay disenso no fueran apropiados para la educación científica. El consenso sobre la NdC, basado en las pruebas empíricas presentadas en este artículo y en otros semejantes, es un valor consolidado para la educación científica, pero no debe considerarse un valor absoluto ni excluyente, de manera que no debería convertirse en un argumento para excluir de la enseñanza de las ciencias aquellas cuestiones de NdC que sean más polémicas y controvertidas. Más bien, cierta dosis de disenso es necesaria y saludable para la formación del espíritu crítico de ciudadanos y futuros científicos, pues ayudaría a entender mejor la pluralidad creativa de la ciencia y a resaltar que el consenso es un estado que se alcanza mediante procesos previos de disenso, a veces muy largos y costosos (Acevedo, Vázquez, Martín-Gordillo *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez, Oliva *et al.*, 2005). Además, en el caso de los aspectos más polémicos y controvertidos, el objetivo no debería ser adoctrinar desde una posición epistemológica particular, sino más bien presentar los diversos puntos de vista sobre cada cuestión y estimular el interés por analizar las posibles respuestas alternativas (Alters, 1997a,b).

El carácter dialéctico y complejo de la actual tecnociencia es un factor adicional de dificultad para la enseñanza de la NdC, que quizá sea más difícil de afrontar que la potencial falta de consenso. La cuestión relativa a si la complejidad de la NdC es inherente a la propia ciencia o solamente un atributo de la reflexión sobre la ciencia también tiene interés didáctico, sobre todo porque muchos profesores creen que la enseñanza de la NdC es suficiente realizarla de una manera implícita, que es la más utilizada en la práctica docente por medio de los métodos y procesos de la ciencia. La complejidad que tiene el sistema tecnocientífico en las sociedades contemporáneas es enorme, hasta el punto que hoy conviven diversos modelos de ciencia, en un dinamismo permanente con múltiples caras y que resulta difícil de aprehender incluso por los especialistas (Echeverría, 2003). El sistema tecnocientífico reúne diferentes tipos de ciencia y tecnología coexistiendo en el presente, de modo que puede afirmarse que hoy no existe una sola ciencia, de la misma forma que tampoco existe una única reflexión sobre la ciencia, sino diversas conviviendo simultáneamente (Acevedo, 2006). De aquí la importancia de educar desde la pluralidad y no desde el adoctrinamiento hacia un modelo concreto, especialmente en aquellos aspectos donde el disenso es mayor (Rudolph, 2003).

Dada la complejidad de la actual tecnociencia, cualquier descripción de la NdC es necesariamente limitada y parcial, por lo que sólo la refleja de manera incompleta. Esta contingencia de la tecnociencia es un argumento más en favor de la enseñanza de la NdC explícita y planificada, en lugar de una enseñanza implícita, porque permite justificar dos importantes limitaciones que algunos consideran argumentos para tomar la decisión de no enseñar NdC. En primer lugar, la propuesta de enseñar una NdC basada en las creencias consensuadas podría considerarse epistemológicamente inaceptable por reduccionista, esto es, por ser incapaz de presentar globalmente el tema. Sin embargo, si cualquier descripción de la NdC es parcial y limitada, la objeción de reduccionismo a una enseñanza basada en los consensos de NdC no es tan trascendente, pues cualquier otra descripción que se adopte también implicará una reducción y, por tanto, se podría llegar así a negar la posibilidad de su educación. En segundo lugar,

las necesidades didácticas requieren la adaptación de los contenidos científicos a contenidos educativos por medio de la transposición didáctica que realizan los profesores, basada en el conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986); en el caso que nos ocupa, la transformación de los contenidos de NdC (Schwartz y Lederman, 2002). Esto también implica una nueva simplificación y reduccionismo; puesto que la visión educativa de la tecnociencia que ofrecen los consensos aquí mostrados no es aún una representación definitiva de la NdC en la educación científica, el currículo presentado a los estudiantes es una visión parcial de la NdC. Siguiendo el mismo razonamiento de reducción al absurdo, y aceptando que cualquier contenido didáctico debe ser simplificado y adaptado, también esta descripción parcial puede ser aceptable, a pesar de implicar una reducción.

En resumen, es un hecho que cualquier imagen de la ciencia y la tecnología que se presente será siempre fragmentaria y limitada, de modo que la selección de un conjunto representativo de contenidos de NdC para la enseñanza de las ciencias, guiada por consensos empíricamente justificados, no debería rechazarse racionalmente, tanto desde un punto de vista didáctico como epistemológico. Teniendo en cuenta los resultados de este estudio, la propuesta de futuro más coherente es el desarrollo curricular de las creencias adecuadas e ingenuas relativas a la NdC como base para la enseñanza de la NdC en la educación científica. Los consensos alcanzados en sociología interna de la ciencia y la tecnología, junto con los correspondientes a los aspectos epistemológicos (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007b) y a la sociología externa de la ciencia y la tecnología (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2007), suministran una base sólida, empíricamente fundamentada, como guía capaz de garantizar la validez de la selección de contenidos, lo cual es un avance importante para la implantación de la NdC en la enseñanza de las ciencias. Así mismo, la enseñanza de las creencias de NdC consensuadas amplía de manera sustantiva los horizontes didácticos para la comprensión pública de la ciencia y tecnología.

Por último, puesto que la enseñanza de la NdC debe llevarse a cabo mediante actividades concretas y contenidos significativos, también debe ser coherente con la enseñanza de los procesos de la ciencia o la utilización de la investigación científica en el aula (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Bencze, Bowen y Alsop, 2006; Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004). Además, el desarrollo de la NdC en el currículo de ciencias debe tener en cuenta tres elementos que la bibliografía especializada une íntimamente a la enseñanza de la NdC, como son la historia de la ciencia y la tecnología, la evolución y actualidad tecnocientífica y las finalidades de la educación científica. De este modo, una vez decididos y justificados los contenidos y las actividades teniendo en cuenta los tres elementos citados, que pueden servir de base para un currículo destinado a la enseñanza explícita y reflexiva de la NdC (Abd-El-Khalick y Akerson, 2004; Akerson y Volrich, 2006), cobran sentido y adquieren relevancia para el desarrollo curricular otras preguntas educativas, tales como ¿a qué tipo de ciencia nos referimos cuando hablamos de NdC?, ¿qué NdC enseñar?, ¿para qué enseñar NdC? (Acevedo *et al.*, 2004; Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005). Sin duda, la respuesta a estas preguntas también alcanza a la

formación del profesorado, pues éste tiene la responsabilidad del desarrollo curricular en el aula.

Referencias bibliográficas

Abd-el-Khalick, F. S. y Akerson, V. L. (2004). Learning about nature of science as conceptual change: Factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88, 785-810.

Abd-el-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. y Tuan, H.-L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88, 397-419.

Abd-el-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665-701.

Acevedo, J. A. (1997). ¿Publicar o patentar? Hacia una ciencia cada vez más ligada a la tecnología. *Revista Española de Física*, 11, 8-11. Consultado 11/8/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001. <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo4.htm>.

Acevedo, J. A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 409-420.

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, 3-16. Consultado 11/8/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Acevedo, J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3, 198-219. Consultado 15/8/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Acevedo, J. A., Acevedo, P., Manassero, M. A., Oliva, J. M., Paixão, M. F. y Vázquez, A. (2004). Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias, práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 23-30). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro. Consultado 11/8/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2004, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo21.htm>.

Acevedo, J. A., Acevedo, P., Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. Consultado 11/8/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>.

Acevedo, J. A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. Consultado 12/8/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>. Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació*

dels temes de ciència, tecnologia i societat. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4, 42-66. Consultado 3/1/2007 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4, 202-225. Consultado 21/4/2007 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Martín-Gordillo, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, M. F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, 121-140. Consultado 12/8/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Oliva, J. M., Paixão, M. F., Acevedo, P. y Manassero, M. A. (2005). Comprensión de la naturaleza de la ciencia y decisiones tecnocientíficas. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra (VII Congreso), edición en CD.

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Paixão, M. F., Acevedo, P., Oliva, J. M. y Manassero, M. A. (2005). Mitos da didáctica das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência y Educação*, 11, 1-15. Consultado 12/8/2006 en <http://www.fc.unesp.br/pos/revista/>.

Aikenhead, G. S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. T. Cross (Ed.), *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham* (pp. 59-75). New York, NY: Routledge Falmer. Consultado 11/8/2006 en <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>.

Akerson, V. L. y Volrich, M. L. (2006). Teaching Nature of Science Explicitly in a First-Grade Internship Setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 377-394.

Alters, B. J. (1997a). Nature of Science: A Diversity or Uniformity of Ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1105-1108.

Alters, B. J. (1997b). Whose Nature of Science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 39-55.

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

Bell, R. L. (2005). The Nature of Science in Instruction and Learning. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science (AETS), Colorado Springs, CO.

Bell, R. L., Abd-el-Khalick, F., Lederman, N. G., McComas, W. F. y Matthews, M. R. (2001). The Nature of Science and Science Education: A Bibliography. *Science and Education*, 10, 187-204.

Bencze, J. L., Bowen, G. M. y Alsop, S. (2006). Teachers' tendencies to promote student-led science projects: Associations with their views about science. *Science Education*, 90, 400-419.

Collins, H. M. (1985). *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. London: Sage. [2ª edición (1992). Chicago, IL: University of Chicago Press].

Eagly, A. H. y Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.

Echeverría, J. (2002). *Ciencia y valores*. Barcelona: Destino.

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., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 477-488.

Fernández, I., Gil-Pérez, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martínez-Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés y A. Vilches (Eds.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 29-62). Santiago, Chile: OREALC/UNESCO.

Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J. y Salinas J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2. Consultado 14/8/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Fourez, G. M. (1994). *La construcción del conocimiento científico. Filosofía y ética de la ciencia*. Madrid: Narcea.

Gilbert, G. N. y Mulkay, M. (1984). *Opening Pandora's box: A sociological analysis of scientists' discourse*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84, 51-70.

Khishfe, R. y Abd-el-Khalick, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551-581.

Knorr-Cetina, K. D. (1981). *The manufacture of knowledge: An essay on the constructivist and contextual nature of science*. Oxford: Pergamon Press.

Lamo, E., González, J. M. y Torres, C. (1994). *La sociología del conocimiento y de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.

Latour, B. (1987). *Science in Action. How to follow scientists and engineers through society*. Milton Keynes: Open University Press. [(1992). *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor].

Latour, B. y Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. London: Sage. [2nd edition (1986). Princeton, NJ: Princeton University Press]. [(1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial].

Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 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.

Longino, H. E. (1983). Beyond "bad science": Skeptical reflections on the value-freedom of scientific inquiry. *Science, Technology, and Human Values*, 8, 7-17.

Longino, H. E. (1990). *Science as social knowledge: Values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service. Información. Consultado 14/8/2006 en <http://www.ets.org/testcoll/>.

Matthews, M. R. (1998a). In Defense of Modest Goals when Teaching about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 161-174.

Matthews, M. R. (1998b). The Nature of Science and Science Teaching. En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 981-999). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F. (1996). Ten Myths of Science: reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96, 10-16.

McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas. (Ed.), *The Nature of Science in*

Science Education (pp. 53-72). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

McComas W. F., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. En W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (pp. 3-39). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

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

Merton, R. K. (1970). *Science, technology and society in seventeenth century England*. New York: Harper & Row. [(1984). *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*. Madrid: Alianza Editorial].

Merton, R. K. (1973). *The sociology of science. Theoretical and empirical investigations*. Chicago, IL: University of Chicago Press. [(1977). *La sociología de la ciencia. Investigaciones teóricas y empíricas*. Madrid: Alianza Editorial].

Mitroff, I. (1974). Norms and counter-norms in a selected group of the Apollo Moon Scientists: A case study of the ambivalence of scientists. *American Sociological Review*, 39, 579-595.

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.

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.

Price, D. J. de Solla (1963). *Little science, big science*. New York: Columbia University Press. [(1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel].

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.

Schwartz, R. S. y Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 205-236.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G. y Crawford, B. A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88, 610- 645.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.

Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F. y Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science? A response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101-1104.

Snow, C. P. (1964). *The two cultures: And a second look*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. [(1987). *Las dos culturas*. Madrid: Alianza Editorial].

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2000). Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS. En I. P. Martins (Org.), *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais* (pp. 219-230). Aveiro: Universidade de Aveiro. Consultado 11/8/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo6.htm>.

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2001). Enseñando ciencia: consenso y disenso en la educación y evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. En M. Martín Sánchez y J. G. Morcillo, (Eds.): *Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 297-305). Madrid: Nivola. Consultado 12/8/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/vazquez.htm>.

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. Consultado 12/8/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005a). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4. Consultado 14/8/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005b). The dark side of the nature of science: empirical consensus about naïve ideas on science. Paper presented at the 5th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): *Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*. Barcelona, Spain (28 August - 1 September, 2005).

Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. Consultado 11/8/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm>.

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

Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2005). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las

ciencias. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra (VII Congreso), edición en CD. Consultado 14/8/2006 en <http://blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>.

Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A., y Acevedo, P. (2006). Creencias ingenuas sobre naturaleza de la ciencia: consensos en sociología interna de ciencia y tecnología. Actas del IV Seminario Ibérico de CTS en la Educación Científica: *Las relaciones CTS en la Educación Científica*. Málaga: Universidad de Málaga (3-5 de julio de 2006), edición en CD.

Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18, 38-55.

Woolgar, S. (1988). *Science: The very idea*. Chichester: Ellis Horwood. [(1991). *Ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona: Anthropos].

Ziman, J. (1978). *Reliable knowledge. An exploration of the grounds for belief in science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. [(1981). *La credibilidad de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial].

Ziman, J. (2000). *Real Science. What it is, what it means*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. [(2003). *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press].

Ziman, J. (2003). Ciencia y sociedad civil. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 1, 177-188. Publicado también el mismo año en *Isegoría*, 28, 5-17.