«Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica

José Antonio Acevedo-Díaz [1] y Antonio García-Carmona [2]

[1]*Inspector de Educación jubilado, Huelva, España. e-mail: ja_acevedo@vodafone.es*
[2]*Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla. España. e-mail: garcia-carmona@us.es*

[Recibido en marzo de 2015, aceptado en agosto de 2015]

Este artículo gira en torno a la inclusión de la naturaleza de la ciencia (NDC) en la educación científica, y se divide en dos partes. En la primera, abordamos la controvertida cuestión de qué aspectos de NDC deberían incluirse en la ciencia escolar. Se indican brevemente algunas tendencias recientes sobre qué enseñar de NDC, y se reivindica el papel de la tradición Ciencia-Tecnología-Sociedad para la enseñanza de las ciencias (CTS-EC), que hace años incorporó muchos de los aspectos de NDC sobre los que hoy se pone la atención; en particular, aquellos que hacen referencia a la sociología de la ciencia (interna y externa). En la segunda, nos ocupamos de cómo enseñar NDC en las aulas de ciencias. Esta cuestión clave está íntimamente relacionada con la formación del profesorado para tal propósito. Para ello, sugerimos el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) como marco teórico adecuado para la implementación eficaz de la NDC en la educación científica. Mostramos el modelo hexagonal del CDC para la integración de la NDC en el currículo de ciencia escolar (CDC-NDC), y nos centramos en la evaluación de la NDC como uno de los elementos cruciales del modelo.

Palabras clave: naturaleza de la ciencia; ciencia, tecnología y sociedad; formación del profesorado; conocimiento didáctico del contenido; evaluación del aprendizaje.

«Something old, something new, something borrowed». Trends on the nature of science in science education

This article focuses on the inclusion of the nature of science (NOS) in science education. It is divided into two parts. The first addresses the controversial issue of what aspects of NOS should be included in school science. Some recent trends on what should be taught of NOS are briefly described, and arguments are made for claiming the aptness of the tradition of Science-Technology-Society for Science Education (STS-SE) since this tradition incorporated years ago many aspects of NOS which are now receiving attention, particularly those that refer to the sociology (internal and external) of science. The second addresses how to teach NOS in science classrooms. This key issue is closely related to educating teachers for that purpose. Pedagogical Content Knowledge (PCK) is suggested as representing an appropriate theoretical framework for the effective implementation of NOS in science education. The hexagonal model of PCK for Teaching NOS in the school science curriculum (PCK-NOS) is presented, with a focus on the assessment of NOS as one of the crucial elements of the model.

Keywords: nature of science; science, technology and society; teacher training; pedagogical content knowledge; learning assessment.

Para citar este artículo: Acevedo-Díaz, J.A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (1), 3-19. Recuperado de: http://hdl.handle.net/10498/18010

¿Qué entendemos por naturaleza de la ciencia?

La naturaleza de la ciencia (NDC) es un meta-conocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinares realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia por expertos en estas disciplinas, y por algunos científicos. La empresa científica es poliédrica y dinámica, por lo que es difícil definir con precisión el concepto de NDC, aunque, de manera general, trata de todo aquello que caracteriza a la ciencia como la construcción de una forma especial de conocimiento.

Ryan y Aikenhead (1992) describen la NDC como un conjunto de aspectos que abarca el significado de la ciencia, así como las invenciones conceptuales, métodos, construcción de acuerdos y las características epistemológicas propias del conocimiento científico elaborado. No obstante, la NDC también hace referencia a los valores propios (*ethos*) y contextuales de la

ciencia, así como a los supuestos subyacentes al conocimiento científico, que son consecuencia del carácter humano de la propia ciencia, incluyendo sus limitaciones e influencias de todo tipo (Ziman, 2003).

En las últimas décadas, se ha venido imponiendo una concepción de la NDC sobre todo epistemológica (Lederman, 2007; Niaz, 2009; Abd-El-Khalick, 2012a); o sea, centrada en el propio proceso de construcción del conocimiento científico y sus características, sin apenas prestar atención a las circunstancias y contextos socioculturales, políticos, económicos, etc., que influyen en (y son influidas por) su desarrollo de manera decisiva. Sin embargo, ello no ha estado exento de polémicas, y se han alzado voces discrepantes (*e.g.*, Allchin, 2004a, 2011; Irzick y Nola, 2011, 2014; Matthews, 2012; Erduran y Dagher, 2014) que demandan la atención a otros aspectos también esenciales, como son los relativos a la sociología de la ciencia (interna y externa).

En este sentido, la tradición Ciencia-Tecnología-Sociedad para la enseñanza de las ciencias (CTS-EC) ha integrado, desde un principio, todos esos aspectos que ahora se reivindican para una mejor comprensión de la NDC. En el marco de la tradición CTS-EC, la NDC incluye reflexiones respecto a la forma de producir conocimiento científico, los métodos para validarlo, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología, y las aportaciones de la ciencia a la cultura y el progreso de la sociedad. Todas estas cuestiones, epistemológicas y sociológicas, aparecen en dos instrumentos de evaluación de la NDC, desarrollados empíricamente desde una perspectiva CTS: el *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS) (Aikenhead, Ryan y Fleming, 1989; Aikenhead y Ryan, 1992) y el *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (COCTS) (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001), que es la adaptación al contexto español del primero, contando con la aprobación del profesor Glen Aikenhead (*e.g.*, Aikenhead, 2003, 2005, 2006). Por ello, sería recomendable volver a mirar con otros ojos las aportaciones de la tradición CTS-EC para poner de manifiesto que nos encontramos ante algo «*antiguo*», que las recientes tendencias sobre la enseñanza de la NDC en la educación científica están tomando «*prestado*» como si fuera completamente «*nuevo*» (Vesterinen, Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2014).

¿Qué enseñar sobre NDC?

Durante la reunión anual de la NARST (*National Association for Research in Science Teaching*), celebrada en 2010 en Filadelfia, se discutió acaloradamente en un simposio sobre la necesidad de seguir preguntándose qué es la ciencia (Erduran y Dagher, 2014). Para algunos de los educadores de ciencia participantes, el contenido de lo que hay que enseñar sobre NDC ya estaba establecido; por tanto, es una pérdida de tiempo seguir debatiendo sobre qué aspectos de NDC abordar, teniendo en cuenta que esos contenidos están destinados a estudiantes y profesores de educación preuniversitaria (Akerson *et al.*, 2010; Lederman, Bartos y Lederman, 2014; Abd-El-Khalick, 2012b). Desde esta perspectiva, lo que se necesita son mejores formas de incorporar la NDC en la educación científica. Pero no todos los asistentes estaban de acuerdo con esa posición. Así lo expresan Erduran y Dagher en su reciente libro *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*, en el que muestran su desacuerdo:

> "La idea de este libro nació de esta manera con el objetivo de fomentar un debate crítico y constructivo sobre cómo reconceptualizar la naturaleza de la ciencia para la educación científica." (Erduran y Dagher, 2014; p. xiii).

Para estas educadoras, la cuestión de qué NDC hay que incluir en la educación científica había sido abordada antes por algunos investigadores (*e.g.*, McComas, Clough y Almazroa, 1998;

McComas y Olson, 1998; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Smith y Scharmann, 1999), pero sigue estando lejos de ser resuelta.

Recientemente se han elaborado nuevas propuestas al respecto, que amplían las cuestiones sobre NDC que pueden ser abordadas en el currículo de ciencia escolar. Un ejemplo es la lista de *características de la ciencia* de Matthews (2012), que añade once elementos a la lista de siete aspectos sobre NDC de Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002). Estas características o rasgos de la ciencia se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. *Características de la ciencia según Matthews (2012).*

Siete elementos de la lista de Lederman sobre NDC	Once aspectos añadidos por Matthews
1. Base empírica.	8. Experimentación.
2. Teorías científicas y leyes.	9. Idealización.
3. Creatividad.	10. Modelos.
4. Dependencia de la teoría.	11. Valores y cuestiones socio-científicas.
5. Integración cultural.	12. Matematización.
6. El método científico.	13. Tecnología.
7. Provisionalidad.	14. Explicación.
	15. Cosmovisiones y religión.
	16. Elección de teorías y racionalidad.
	17. Feminismo.
	18. Realismo y constructivismo.

El conjunto de cuestiones de NDC consideradas por la tradición CTS-EC, que hemos sostenido desde hace más de veinte años, es más amplio que la lista de características de la ciencia de Matthews. Estas cuestiones se estructuran en torno a cuatro grandes temas (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001): epistemología, ciencia y tecnología, sociología interna de la ciencia y sociología externa de la ciencia, las cuales se recopilan en la tabla 2.

Tabla 2. Cuestiones de NDC según la tradición CTS-EC (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

Aspectos de NDC	Características
Naturaleza del conocimiento científico	Cargado de teoría, pero con base empírica.
	Tentativo, pero fiable.
	Objetivo mediante la intersubjetividad dentro de la comunidad científica.
	Observaciones e inferencias.
	Estatus de hipótesis, teorías y leyes.
	Creatividad e imaginación.
	Pluralismo metodológico.
	Supuestos de la ciencia.
	Paradigmas y coherencia conceptual.
	Razonamiento lógico.
	Modelos científicos.
	Esquemas de clasificación.
	Precisión e incertidumbre.
	Matematización.
	Serendipia y error.
	Simplicidad, elegancia y belleza.

Tabla 2. (Continuación)

Aspectos de NDC	Características
Ciencia y Tecnología	Ideas sobre Ciencia.
	Ideas sobre Tecnología.
	Diferencias y relaciones entre Ciencia y Tecnología.
	Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I).
	Ideas sobre Tecnociencia.
Sociología interna de la ciencia	Construcción social del conocimiento científico
	Comunidades de científicos.
	Grupos de trabajo.
	Competencias profesionales.
	Actividades profesionales.
	Toma de decisiones.
	Comunicación profesional.
	Revisiones por pares.
	Interacciones sociales.
	Influencia nacional y local.
	Ciencia privada y ciencia pública.
	Cuestiones personales
	Sentimientos, intereses y motivaciones.
	Valores y normas.
	Moral y ética.
	Ideologías.
	Visiones del mundo y creencias religiosas.
	Género y feminismo.
Sociología externa de la ciencia	Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología
	Estructuras de poder político y factual (gobierno, industria, ejército y lobbies).
	Influencia general en científicos y tecnólogos.
	Financiación de la ciencia.
	Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad
	Organizaciones e interacciones sociales.
	Problemas sociales.
	Responsabilidad social.
	Decisiones sociales.
	Resolución de cuestiones sociales.
	Contribución al bienestar económico, el poder militar y el pensamiento social.
	Influencia de la ciencia escolar en la sociedad
	Instituciones educativas.
	Características de la ciencia escolar.
	Culturas humanística y científica.
	Ciencia ciudadana.
	Divulgación social de la ciencia y empoderamiento social.

Esta visión de la NDC es coherente con las dimensiones de la práctica científica (tabla 3), desarrollada en otro lugar (Acevedo, 2006).

Tabla 3. Práctica científica y actividades de la ciencia (Acevedo, 2006).

Dimensiones	Características
Técnica	Conocimiento disponible.
	Competencias necesarias.
	Métodos y procesos de investigación.
	Recursos humanos, laboratorios, etc.
	Instrumentación científica y tecnológica.
	Conocimiento producido.
Organizativa	Política científica: planificación y gestión.
	Financiación económica: subvenciones y donaciones para la investigación científica.
	Sistema de recompensas en las comunidades científicas.
	Relaciones entre los grupos de investigación (redes profesionales).
	Actividad profesional de investigación.
	Métodos de difusión de la ciencia (publicaciones, conferencias, reuniones, redes profesionales...).
	Usuarios y consumidores de la ciencia.
Ideológica y cultural	Finalidades y objetivos de la ciencia.
	Sistema de valores y códigos éticos (valores normativos y contextuales).
	Creencias acerca de la ciencia y el progreso.
	Papel de la creatividad en la ciencia.
	Interés en la educación científica.
	Cultura científica de la ciudadanía (ciencia ciudadana).
Afectiva	Actitudes hacia la ciencia.
	Emociones y sentimientos provocados por la ciencia.
	Evaluación personal y colectiva de la ciencia.
	Participación ciudadana en las decisiones sobre temas científicos de interés social (cuestiones socio-científicas).

Los consensos sobre las cuestiones de NDC expuestas en la tabla 2, alcanzados por mayoría absoluta (dos tercios al menos) de 16 jueces (educadores de ciencia, filósofos y científicos), se lograron en 40 afirmaciones valoradas "adecuadas" y 81 "ingenuas" (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). Cabe resaltar que casi la mitad de estos consensos corresponden a aspectos de sociología de la ciencia (interna y externa); consecuencia de la atención prestada por la tradición CTS-EC a estos aspectos (*e.g.*, Aikenhead, 2005, 2006; Hodson, 2014), y que son demandadas por Erduran y Dagher en su reciente libro:

> "El énfasis en los aspectos sociales e institucionales de la ciencia proporciona nuevas oportunidades para redefinir y caracterizar la enseñanza y el aprendizaje de la NDC, sobre todo en una época de globalización de las economías del conocimiento que exigen una comprensión más sofisticada de la NDC respecto a sus diversas dimensiones. La ciencia puede ser más auténtica en la ciencia escolar haciendo hincapié en que los científicos practican la ciencia en comunidad y que sus interacciones se rigen por determinadas normas sociales, valores y poderes. La inclusión de los contextos sociológico, político, organizativo, y económico de la ciencia en la educación científica podría animar a participar a estudiantes de diversos orígenes, y mejorar su interés y compromiso con la ciencia." (Erduran y Dagher, 2014; p. 160).

En resumen, a diferencia de otros planteamientos restrictivos y limitados a los aspectos epistemológicos sobre NDC, con el argumento de que así se favorecerá su inclusión en los niveles educativos básicos (Abd-El-Khalick, 2012a), esta última propuesta aboga por contemplar una gama más amplia de asuntos de NDC. Esta ampliación no supone, en nuestra opinión, un obstáculo para impulsar la integración de la NDC en la ciencia escolar. Al contrario, aumenta las posibilidades de que se aborden diversas cuestiones de NDC en el aula.

La clave, como en otros casos de didáctica de las ciencias, está en la formación que se dé al profesorado y, ligado a ello, en su concepción del currículo de ciencia escolar e implementación en el aula. Así, una comprensión básica de más aspectos de NDC permitirá al profesorado decidir, entre ese espectro, cuáles son los aspectos más apropiados a tratar en los diferentes contenidos de ciencia escolar. Tal comprensión de la NDC podría propiciar, además, que el profesorado promueva la construcción de conocimientos escolares más en sintonía con lo que sucede en la comunidad científica, pese a las limitaciones propias del ámbito educativo. Por ejemplo, la idea de que los científicos discuten, pueden tener opiniones diferentes, etc., sugiere enfoques que promuevan en clase actividades de ciencia escolar basadas en la discusión de ideas, el respeto a las valoraciones de los demás, la necesidad de hacer comprobaciones para consensuar qué conclusión es la más adecuada, etc. Asimismo, la comprensión de que el desarrollo de la ciencia está condicionado por los intereses de la sociedad en cada momento, fomenta que el alumnado pueda tomar decisiones sobre qué problemas o cuestiones pueden ser más interesantes para tratar en clase.

El Enfoque "Parecido de Familia" (EPF)

En una revisión sobre el estatus de la NDC en la didáctica de las ciencias (Acevedo, 2008), nos preguntábamos si no habría que hablar de naturaleza de las ciencias en vez de NDC, una cuestión planteada por Samarapungavan, Westby y Bodner (2006), entre otros. En la bibliografía, las cuestiones de NDC se abordan casi siempre de manera genérica y común para todas las disciplinas de ciencias. Sin embargo, parece claro que cada ciencia tiene rasgos específicos y otros comunes con las demás ciencias. Decíamos entonces que este asunto necesitaba ser investigado en el futuro, y contemplar sus repercusiones en la implementación de la NDC en la educación científica.

Recientemente, esta cuestión ha sido abordada por Irzick y Nola (2011, 2014) a partir de la noción wittgensteiniana de "*parecido de familia*". Nuestro punto de vista es que, si bien hay algunas diferencias significativas entre las diferentes ciencias en determinadas características de la naturaleza del conocimiento científico, es justo en los asuntos de sociología interna y sociología externa de la ciencia donde los aspectos comunes de NDC predominan; o, de otra forma, donde el parecido de familia resulta mayor. Estos temas de NDC son precisamente aquellos en los que ha hecho más hincapié la tradición CTS-EC (véanse las tablas 2 y 3). Ello nos sirve de apoyo para reclamar, una vez más, un mayor papel de la tradición CTS-EC como guía para la inclusión de la NDC en la educación científica.

Por otra parte, Erduran y Dagher han usado el EPF como marco de referencia para el desarrollo de una propuesta de diseño curricular de la NDC en la educación científica. Asimismo, muestran diversos ejemplos de cómo conectar coherentemente su propuesta con los estándares estadounidenses para la educación científica en Primaria y Secundaria (*e.g.*, NGSS, 2013). Así argumentan su decisión:

> "El Enfoque Parecido de Familia nos proporcionó un marco unificador pero flexible para la promoción de una perspectiva relativamente amplia e inclusiva de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias, que reconoce las características comunes y, al mismo tiempo, se adapta a las particularidades disciplinarias." (Erduran y Dagher, 2014, p. xiv).

Según estas autoras, la investigación sobre la NDC en la educación científica ha estado restringida a la hora de proporcionar una visión global de la NDC. Estamos de acuerdo y, por eso, reivindicamos las aportaciones anteriores de la tradición CTS-EC en esa visión más holística de la NDC. Esta perspectiva permite integrar las características epistémicas, tecnológicas y sociológicas (internas y externas) de la NDC, y, a la vez, presta atención a los

aspectos cognitivos y actitudinales (sentimientos y emociones que provoca la ciencia). Así lo manifestábamos antaño (Acevedo, 1996):

> "[…] el tratamiento de estas cuestiones no puede limitarse a la dimensión cognitiva (los conocimientos y concepciones), sino que entran en juego también la dimensión afectiva (los sentimientos y las preferencias) y la dimensión conativa (la interfase entre lo cognitivo y lo afectivo, relacionada con las declaraciones de intenciones y las conductas manifestadas) […]" (p. 137).

Un esquema que resume las diferentes tendencias sobre qué enseñar de NDC en la educación científica se muestra en la figura 1.

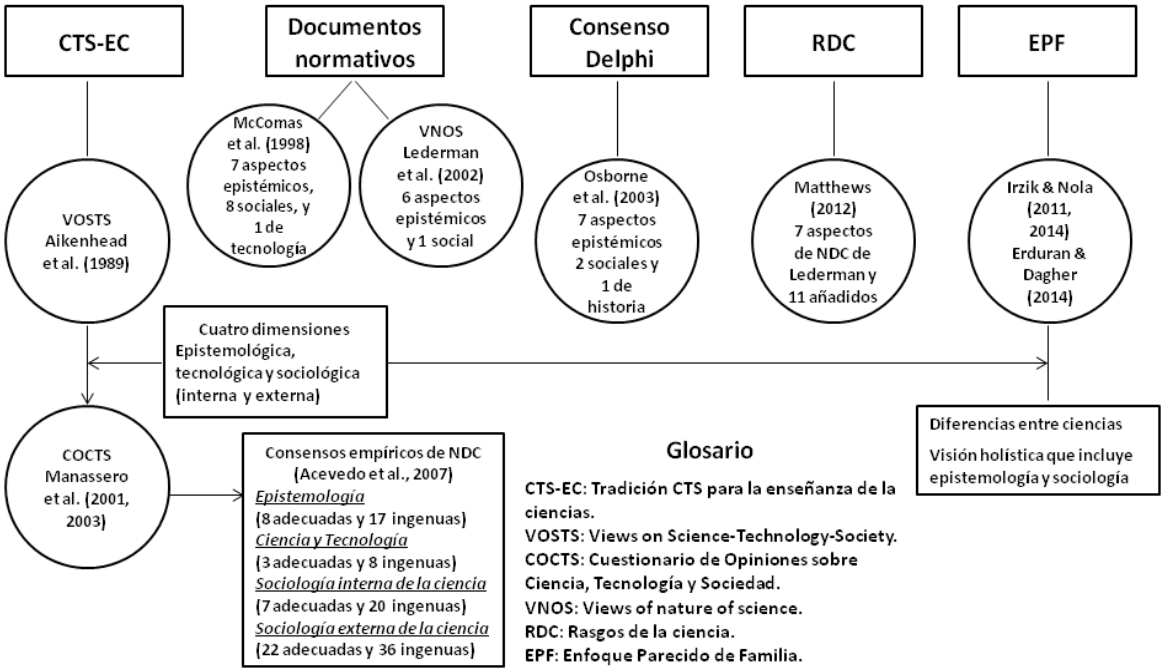

Figura 1. ¿Qué enseñar sobre naturaleza de la ciencia?

¿Cómo enseñar NDC?

Cómo enseñar NDC en las clases de ciencia escolar es la otra cara de la moneda. Aunque restringidas a unas pocas cuestiones de NDC, sesgadas a la dimensión epistemológica, las contribuciones de Lederman y otros sobre la práctica docente de la NDC son numerosas en la educación científica, y en el desarrollo profesional del profesorado al respecto. Si bien han contado para ello con proyectos y cursos de formación del profesorado generosamente financiados por fundaciones estadounidenses, algo que no suele suceder en la mayoría de países.

Un resultado de esos trabajos empíricos es la evidencia de la mayor eficacia educativa de un enfoque explícito y reflexivo frente a otro implícito en la enseñanza de la NDC (Acevedo, 2009c). Hay que advertir que el término "*explícito*" se refiere a la inclusión planificada de la NDC como contenido del currículo de ciencia escolar, mientras que "*reflexivo*" tiene implicaciones para la enseñanza de la NDC (Abd-El-Khalick, 2013).

Estrategias habituales de integración de la NDC en el currículo escolar

La enseñanza de la NDC suele incluirse de forma contextualizada en los contenidos de ciencia escolar habituales (*e.g.*, la evolución de los modelos científicos en el estudio del átomo), como contenido independiente y descontextualizado de estos (*e.g.*, actividades con cajas negras para hacer inferencias a partir de observaciones indirectas), o por una combinación de ambos enfoques (Akerson y Donnelly, 2010). Los estudiantes suelen mejorar su comprensión de ciertos aspectos de NDC, sin que se encuentren diferencias significativas en la eficacia de tales enfoques (Khishfe y Lederman, 2007). Sin embargo, el contextualizado parece más apropiado para estimular al profesorado de ciencias a incluir contenidos de NDC en sus clases (Bell, Mulvey y Maeng, 2012).

Los contextos más típicos para la enseñanza de nociones de NDC son los siguientes:

- *Enseñanza de la NDC en el seno de indagaciones científicas escolares*. Incluye tareas reflexivas de cuestiones como la adecuación del procedimiento experimental usado en la pregunta de indagación formulada; la influencia del procedimiento elegido en los resultados obtenidos; la diferencia entre observación e inferencia; el efecto de la instrumentación empleada en la toma de datos; la diferencia entre datos y evidencias; el papel del conocimiento científico vigente en las inferencias; la coherencia entre las conclusiones y los datos recogidos, etc. (García-Carmona, 2012).

- *Enseñanza de la NDC mediante el análisis de casos actuales de sociología de la ciencia*. Favorece la elaboración de argumentos basados en pruebas y conocimientos científicos (Khishfe, 2014; Sadler, Chambers y Zeidler, 2004). Asimismo, resulta de interés el análisis de pruebas contrarias en cuestiones científicas actuales, y de los procesos sociales entre los científicos que se derivan de ello (sociología interna de la ciencia); o respecto a cuestiones socio-científicas controvertidas, tales como el cambio climático, las células madres, etc. (sociología externa de la ciencia). Todo ello porque para argumentar una posición hay que basarse en "indicadores de fiabilidad" a partir de la valoración crítica de diferentes fuentes de información.

- *Enseñanza de la NDC usando la historia de la ciencia.* Permite ejemplificar el desarrollo de las teorías científicas, conocer las relaciones entre ciencia y sociedad de cada época, ilustrar el carácter universal y a la vez multicultural de la ciencia, etc. Si bien, al enseñar historia de la ciencia hay que tener cuidado en no caer en simplificaciones excesivas, que den lugar a graves deformaciones históricas (Allchin, 2004b). También es destacable el interés de conocer los razonamientos que ayudaron a los científicos del pasado a interpretar los fenómenos científicos.

Por último, hay que mencionar el auge que están teniendo recursos como la lectura crítica y reflexiva de noticias científicas de los medios (Cakmakci y Yalaki, 2011; Huang, Wu, She y Lin, 2014; Shibley, 2003). Un análisis detallado de las potencialidades didácticas de este recurso para enseñar NDC puede consultarse en García-Carmona (2014).

En otro orden, la implementación de la NDC en la ciencia escolar puede verse restringida por diversos factores, de carácter general o específico, tal y como se ha discutido en otro lugar (Acevedo, 2009b) y se resumen en la tabla 4.

Suponiendo solventados los factores generales y que el profesorado de ciencias está suficientemente motivado para introducir aspectos de NDC en sus clases (Clough y Olson, 2012), aún quedaría pendiente su formación para la superación de los factores específicos. De ello nos ocuparemos brevemente a continuación.

Tabla 4. Factores que impiden o dificultan la implementación de la NDC en la ciencia escolar (Acevedo, 2009b).

Factores generales	Factores específicos
Obstáculos institucionales; *e.g.*, falta de tiempo para impartir los programas de ciencias enciclopédicos. Falta de percepción de la NDC como contenido curricular de ciencias relevante frente a otros contenidos de ciencias conceptuales y procedimentales. Desconocimiento de finalidades y objetivos suficientemente claros que permitan justificar la inclusión de la NDC en las clases de ciencias. Resistencias comunes frente a reformas e innovaciones educativas. Escasa atención a la NDC en las evaluaciones externas.	Conocimiento inadecuado de aspectos esenciales de la NDC. Confusión entre procesos de la ciencia (hacer ciencia) y NDC (reflexionar sobre ciencia). Desconocimiento de enfoques didácticos eficaces para la enseñanza de la NDC. Falta de conocimiento profundo del tema de ciencias para la integración de la NDC. Desafíos del profesorado para evaluar el aprendizaje del alumnado respecto a las cuestiones de NDC que se hayan seleccionado.

Conocimiento Didáctico del Contenido para la enseñanza de la NDC

La formación del profesorado mediante una enseñanza explícita y reflexiva de la NDC no garantiza necesariamente que los profesores vayan a enseñar NDC de manera explícita y reflexiva (Acevedo, 2008, 2009c); de otro modo, es una condición necesaria pero no suficiente. Aunque se ha hecho mucho trabajo empírico al respecto, hay que seguir investigando esta cuestión más a fondo. Para ello, el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) para la enseñanza de la NDC (CDC-NDC) puede proporcionar un marco teórico adecuado (Acevedo, 2009b; Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014).

El modelo hexagonal del CDC-NDC

Los modelos del CDC propuestos en la bibliografía son demasiado numerosos para discutirlos aquí, ni siquiera someramente (véase una revisión, *e.g.*, en Acevedo, 2009a). Se ha optado por el modelo hexagonal de Park (2005; Park y Oliver, 2008) para inspirar una propuesta de modelo del CDC-NDC. Dos aspectos del modelo hexagonal han influido decisivamente en esta elección. El primero ha sido que, respecto al modelo de Magnusson, Krajcik y Borko (1999), en la investigación realizada por Park surgió empíricamente un sexto componente, que es muy importante a nuestro juicio: la eficacia del profesor y su autoconfianza para impartir el contenido correspondiente. El segundo aspecto relevante por el que se ha elegido el modelo de Park es su carácter dinámico, además de integrador. Esta característica supone la transformación del conocimiento del profesor mediante una doble reflexión: *en la acción* de la enseñanza y *sobre la acción* después de la enseñanza.

Si se aplica a la NDC, la reflexión en la acción permite al profesor desarrollar y poner en acción sus conocimientos de los componentes del CDC-NDC (figura 2), accesibles en un momento dado de la enseñanza, para lograr así un aprendizaje adecuado de los estudiantes sobre alguna cuestión de NDC. Mediante la reflexión sobre la acción, posterior a la práctica docente, el profesor toma conciencia de la necesidad de añadir, reorganizar o modificar algunos aspectos de su enseñanza sobre NDC.

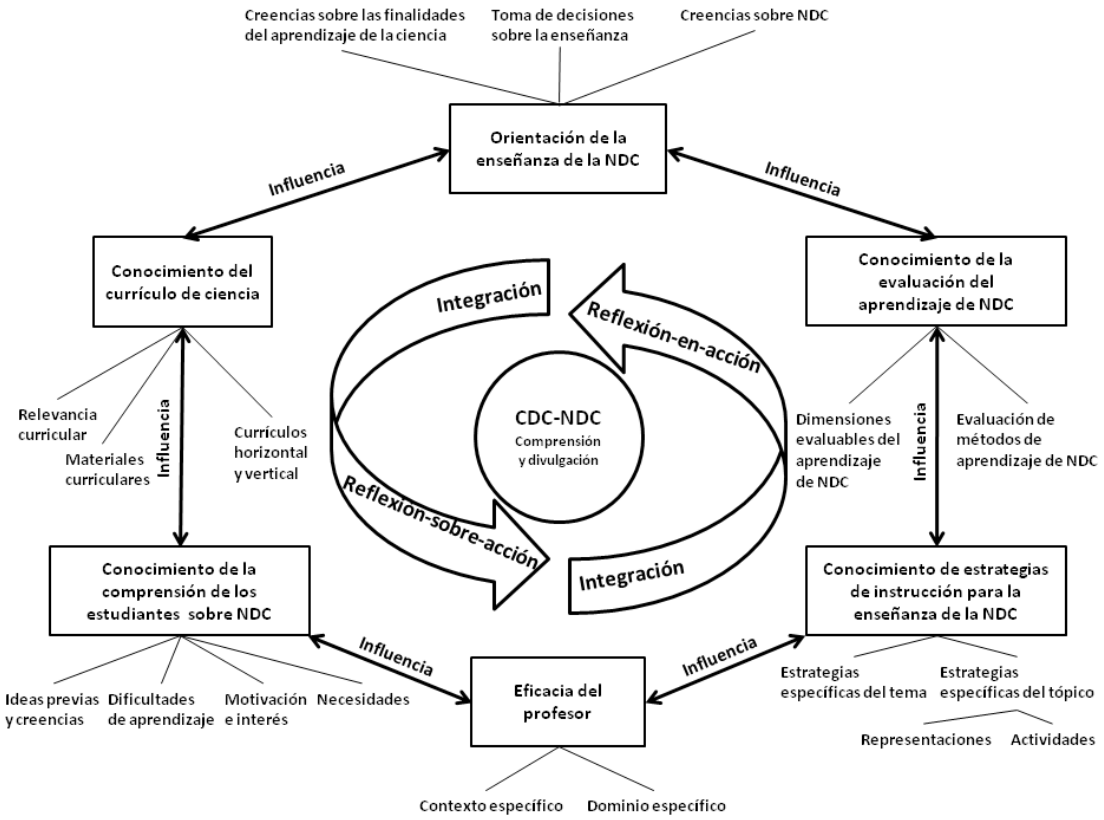

Figura 2. Modelo hexagonal del CDC-NDC.

Por razones de espacio, no podemos detenernos en un análisis detallado de los seis componentes del modelo hexagonal del CDC-NDC, que aparecen recuadrados en la figura 2, por lo que nos limitaremos a apuntar los aspectos con los que se relaciona cada uno de ellos (tabla 5). Hay que advertir que los seis componentes del modelo están entrelazados e influyen entre sí de manera continua. Para que se produzca una enseñanza eficaz, los profesores deben aprender a integrar estos componentes en un contexto determinado. Esta integración se realiza con reajustes por medio de la reflexión en la acción y la reflexión sobre la acción. De este modo, la coherencia entre los seis componentes se refuerza a medida que un profesor desarrolla su CDC-NDC mediante la reflexión. Este fortalecimiento favorece su integración, que a su vez facilita el crecimiento del CDC-NDC y otros cambios en la práctica docente. Si un profesor no es capaz de integrar todos los componentes del modelo de manera coherente, la sola mejora de alguno de ellos puede resultar insuficiente para el avance del CDC-NDC y, por tanto, de la enseñanza de la NDC.

Evaluación del aprendizaje de la NDC

Aunque todos los componentes del modelo hexagonal del CDC-NDC son importantes y están interconectados, dedicaremos unas líneas a la evaluación del aprendizaje de la NDC por ser un aspecto clave y controvertido (Lederman, Bartos y Lederman, 2014). Algunas actividades de formación y desarrollo profesional del profesorado sobre NDC se olvidan de la evaluación, lo que supone un grave problema. Si la comprensión de la NDC no se evalúa, entonces profesores y estudiantes la percibirán como un contenido curricular poco valioso. Al respecto, Clough (2011) recomienda evaluar formalmente la comprensión de los estudiantes sobre NDC durante el curso escolar, del mismo modo que se evalúa formativamente la

comprensión de otros contenidos de ciencia. De este modo, los estudiantes asumirán la NDC como una parte importante de su educación científica y la tomarán en serio.

Tabla 5. Componentes del modelo hexagonal del CDC-NDC.

Componentes del modelo	Están relacionados con…
Orientación de la enseñanza de la NDC.	Finalidades, planificación y toma de decisiones para la enseñanza de la NDC.
Conocimiento del currículo de ciencias.	Relevancia de los currículos horizontal y vertical y de los materiales curriculares.
Conocimiento de la comprensión de los estudiantes acerca de la NDC.	Ideas previas y creencias sobre NDC, dificultades de aprendizaje, necesidades, motivación e intereses.
Eficacia del profesor.	Sentimientos de confianza en la capacidad propia para impartir NDC en la enseñanza de las ciencias con eficacia.
Conocimiento de estrategias didácticas para la enseñanza de la NDC.	Estrategias didácticas generales propias de la asignatura y los enfoques específicos para impartir NDC.
Conocimiento de la evaluación del aprendizaje de la NDC.	Dimensiones evaluables del aprendizaje de la NDC y métodos de evaluación del aprendizaje de la NDC.

Se ha informado de profesores con experiencia docente capaces de diseñar evaluaciones de aspectos de NDC para su aplicación en el aula de ciencias (Akerson, Cullen y Hanson, 2010). Sin embargo, la mayoría del profesorado no suele estar familiarizada con la evaluación del aprendizaje de la NDC (dimensiones evaluables, métodos e instrumentos de evaluación), por lo que tiene serias dificultades para evaluar la comprensión de cuestiones de NDC de sus estudiantes, tal y como han puesto de manifiesto algunas investigaciones (Kim, Ko, Lederman y Lederman, 2005; Nam, Mayer y Choi, 2007). Por ejemplo, muchas veces los profesores creen estar evaluando aspectos de NDC cuando lo que evalúan son otras competencias relacionadas con los procedimientos de la ciencia o la indagación científica (IC) (Kim *et al.*, 2005). IC y NDC se consideran a menudo términos sinónimos; no obstante, son diferentes y, a la vez, dependientes entre sí. Sin duda, el desconocimiento de cómo evaluar el aprendizaje sobre NDC es un obstáculo crucial para la implementación eficaz de la NDC en la educación científica (Acevedo, 2009b). En consecuencia, formadores de profesores y diseñadores de materiales curriculares deben proporcionar a los profesores ejemplos de estas técnicas e instrumentos útiles de evaluación en los programas de formación del profesorado, para apoyarlos en la enseñanza eficaz de la NDC (Nam, Mayer y Choi, 2007).

El instrumento de evaluación más usado en la investigación de la NDC (véase, *e.g.*, Abd-El-Khalick, 2014), y más citado en la bibliografía internacional en inglés, es el *Views of Nature of Science* (VNOS) o, con más precisión, la saga VNOS (formas A, B, C, D y E). Se trata de un instrumento centrado en la lista de los siete aspectos sobre NDC de Lederman *et al.* (2002), indicada en la tabla 1. Otro muy utilizado (véase, *e.g.*, Hodson, 2009), al que nos hemos referido en la primera parte, es el VOSTS, aunque la selección de cuestiones que se suele hacer del mismo casi siempre está sesgada hacia la dimensión epistemológica, olvidando las sociológicas (*e.g.*, Dogan y Abd-El-Khalick, 2008).

En la investigación iberoamericana sobre NDC (desarrollada en español y portugués, y publicada mayoritariamente en estas lenguas), el instrumento más empleado es el COCTS. Heredero del VOSTS, el COCTS fue notablemente mejorado en sus aspectos metodológicos durante casi una década (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004) y aplicado en numerosas evaluaciones realizadas en España con estudiantes y profesores (en formación inicial y en ejercicio) de todos los niveles educativos: primaria, secundaria y universidad (*e.g.*, Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002). Posteriormente, dos versiones resumidas del COCTS, en español y portugués, han sido utilizadas en el marco del *Proyecto Iberoamericano de evaluación de*

Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS) (*e.g.*, Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010), en el que han participado siete países de Iberoamérica (Argentina, Brasil, Colombia, España, México, Panamá y Portugal). Así mismo, este instrumento se ha tomado como referencia para evaluar los resultados obtenidos en la implementación de las unidades didácticas del proyecto *Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología* (EANCYT) (Vázquez, Manassero y Bennássar, 2013), el cual se ha desarrollado con la participación de investigadores de un organismo institucional y 16 universidades iberoamericanas de los mismos países donde se aplicó el PIEARCTS. Por tanto, puede decirse que el COCTS ha demostrado con éxito su potencial en la evaluación de la NDC desde la perspectiva de la tradición CTS-EC.

Recientemente, como alternativa o complemento a los cuestionarios de evaluación, se están empleando también mapas conceptuales como instrumento para la enseñanza y la evaluación de la comprensión sobre NDC (Borda, Burgess, Plog, DeKalb y Luce, 2009; Merle-Johnson, Promyod, Cheng y Hanuscin, 2010; Oh, 2012). Asimismo, como alternativa a los enfoques basados en la evaluación del conocimiento declarativo sobre NDC, Allchin (2011) ha sugerido un enfoque para evaluar el conocimiento sobre NDC en contexto mediante el análisis interpretativo de casos actuales e históricos relacionados con la ciencia. Esta propuesta de Allchin ha generado cierta controversia (Allchin, 2012; Schwartz, Lederman y Abd-El-Khalick, 2012), pero apenas se conoce su repercusión en la práctica hasta ahora.

Epílogo

Este artículo se ha escrito con un doble propósito. Por un lado, reivindicar el papel que ha aportado, y puede seguir aportando, la tradición CTS-EC respecto a la implantación efectiva de una NDC más auténtica en las clases de ciencias (Vesterinen, Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2014). Por otro, mediar en el debate sobre si priorizar "qué" NDC enseñar o "cómo" enseñar NDC.

Respecto a lo primero, hemos dado ejemplos que muestran la fortaleza de la tradición CTS-EC si sus aportaciones se comparan con las recientes tendencias sobre NDC en la educación científica. La tradición CTS-EC también ha evolucionado desde sus orígenes, pero su campo de acción de los últimos años casi no ha tenido presencia en los países de habla inglesa, sino en los de lenguas española y portuguesa de Iberoamérica, donde sus aportaciones a la investigación sobre NDC en la educación científica han sido (y siguen siendo) abundantes y frecuentes. Todo ello, pese a ser una temática relativamente poco popular en estos países, desde un punto de vista institucional y de política educativa, tanto en el desarrollo del currículo de ciencia escolar como en la formación del profesorado. En consecuencia, salvo excepciones tan honrosas como escasas (*e.g.*, Vázquez y Manassero, 2012a,b), hay una notable ausencia de análisis y debates en profundidad sobre la enseñanza de la NDC en la didáctica de las ciencias española, al estilo de los que se producen en los países de habla inglesa. En efecto, mientras que en países como EE. UU. (NGSS, 2013) o Nueva Zelanda (Hipkins, 2012), por ejemplo, las alusiones a contenidos de NDC en las propuestas curriculares son explícitas, así como su promoción en programas de formación del profesorado (*e.g.*, Akerson, Cullen y Hanson, 2009), la atención a la NDC es prácticamente inexistente en el marco educativo español.

Esta circunstancia obliga a tener que consultar continuamente la bibliografía en inglés sobre estos asuntos. Pero hay que ser cautelosos en esto, porque la transferencia de los resultados de esas investigaciones sin más podría ser contraproducente, debido a que han sido obtenidos en países con contextos y tradiciones educativas muy diferentes a la española, en particular, o iberoamericana en general.

Respecto al segundo propósito del artículo, la polémica relativa a si hay que priorizar "qué" NDC enseñar o "cómo" enseñar NDC es estéril. Ambos aspectos son necesarios pues, como se ha dicho más arriba, son las dos caras de la misma moneda: contribuir a una enseñanza eficaz de una NDC más actual en las clases de ciencias con el objetivo de lograr un aprendizaje más adecuado de los estudiantes sobre NDC. Así pues, este es un epílogo inacabado, pues es de desear que el debate se dé en ambas vertientes.

Referencias bibliográficas

Abd-El-Khalick, F. (2012a). Examining the sources for our understandings about science: enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374.

Abd-El-Khalick, F. (2012b). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. In B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). Dordrecht: Springer.

Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, 22(9), 2087-2107.

Abd-El-Khalick, F. (2014). The Evolving Landscape Related to Assessment of Nature of Science. In N. G. Lederman y S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research in Science Education, Volume II*. (pp. 621-650). New York, NY, USA: Routledge.

Acevedo, J. A. (1996). La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26, 131-144.

Acevedo, J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219.

Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.

Acevedo, J. A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46.

Acevedo, J. A. (2009b). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), 164-189.

Acevedo, J. A. (2009c). Enfoques explícitos *versus* implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.

Acevedo, J. A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2002). Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores. *Revista de Educación*, 328, 355-382.

Aikenhead, G. S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. In 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.

Aikenhead, G. S. (2005). Research into STS Science Education. *Educación Química*, 6(3), 384-397.

Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: evidence-based practice*. New York, USA: Teachers College Press/London, UK y Ontario, Canada: Althouse Press.

Aikenhead, G. S. y Ryan, A .G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.

Aikenhead, G. S., Ryan, A. G. y Fleming, R. W. (1989). *Views on Science-Technology-Society*. Saskatoon: Department of Curriculum Studies (Faculty of Education), University of Saskatchewan.

Akerson, V. L., Cullen, T. A. y Hanson, D. L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1090-113.

Akerson, V. L., Cullen, T. A. y Hanson, D. L. (2010). Experienced Teachers' Strategies for Assessing Nature of Science Conceptions in the Elementary Classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 21(6), 723-745.

Akerson, V. L. y Donnelly, L. A. (2010). Teaching Nature of Science to K-2 Students: What understandings can they attain? *International Journal of Science Education*, 32(1), 97-124.

Akerson, V. L., Pearson, R., Wong, A. SL., Lie, H. L., Granger, E., Rose, K., Lederman, N. G., Lederman, J. S., Schwartz, R. y Southerland, S. A. (2010). Putting Nature of Science Research into Classroom Practice: Real Teachers ... Real Teaching. Symposium presented at International Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA, USA (March 21-24).

Allchin, D. (2004a). Should the Sociology of Science Be Rated X? *Science Education*, 88(6), 915-933.

Allchin, D. (2004b). Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education*, 13(3), 179-195.

Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education,* 95(3), 518-542.

Allchin, D. (2012). Toward Clarity on Whole Science and KNOWS. *Science Education*, 96(4), 693-700.

Bell, R. L., Mulvey, B. K. y Maeng, J. L. (2012). Beyond understanding: process skills as a context for nature of science instruction. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 225-245). Dordrecht: Springer.

Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y García-Carmona, A. (Coords.) (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid, España: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

Borda, E. J., Burgess, D. J., Plog, C. J., DeKalb, N. C. y Luce, M. M. (2009). Concept Maps as Tools for Assessing Students' Epistemologies of Science. Electronic Journal of Science Education, 13(2), 160-185.

Cakmakci, G. y Yalaki, Y. (2011). Popular media as a tool for teaching science and its nature. En *Promoting Student Teachers' Ideas about Nature of Science through Popular Media.* Hacettepe University: Science-Teacher Education Advanced Methods (S-TEAM) project.

Clough, M. (2011). Teaching and assessing the nature of science. *The Science Teacher*, 78(6), 56-60.

Clough, M. y Olson, J. K. (2012). Impact of a Nature of Science and Science Education Course on Teachers' Nature of Science Classroom Practices. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (pp. 247-266). Dordrecht: Springer.

Dogan, N. y Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112.

Erduran, S. y Dagher, R. F. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Dordrecht: Springer.

García-Carmona, A. (2012). Cómo enseñar Naturaleza de la Ciencia (NDC) a través de experiencias escolares de investigación científica. *Alambique*, 72, 55-63.

García-Carmona, A. (2014). Naturaleza de la Ciencia en noticias científicas de la prensa: análisis del contenido y potencialidades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 493-509.

Hipkins, R. (2012). *Building a science curriculum with an effective nature of science component*. Wellington, New Zealand: Ministry of Education.

Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

Hodson, D. (2014). Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 911-970). Dordrecht: Springer.

Huang, T.-Y., Wu, H.-L., She, H.-C. y Lin, Y.-R. (2014). Enhancing Students' NOS Views and Science Knowledge Using Facebook-based Scientific News. *Educational Technology & Society*, 17(4), 289-301.

Irzik, G. y Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.

Irzik, G. y Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Dordrecht: Springer.

Khishfe, R. (2014). Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction in the Context of Socioscientific Issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974-1016.

Khishfe, R. y Lederman, N. (2007). Relationship between Instructional Context and Views of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 29(8), 939-961.

Kim, B. S., Ko, E. K., Lederman, N. G. y Lederman, J. S. (2005). A developmental continuum of pedagogical content knowledge for nature of science instruction. International Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX (April 4-7).

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lederman, N. G., 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 nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Lederman, N. G., Bartos, S. A. y Lederman, J. S. (2014). The Development, Use, and Interpretation of Nature of Science Assessments. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 971-997). Dordrecht: Springer.

Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic 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. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.

Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht: Springer.

McComas, W. F., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 3-39). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

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

Merle-Johnson, D., Promyod, N., Cheng, Y.-W. y Hanuscin, D. (2010). A self study of the use of concept mapping to assess learners' conceptions of NOS. *AhiEvran University Journal of Kırsehir Education Faculty*, 11(4), 223-241.

Nam, J., Mayer, V. J. y Choi, J. (2007). Developing experienced Korean science teachers' ability to transfer their understanding of the nature of science into their classroom teaching. In "*Pedagogical content knowledge of experienced science teachers and its development in the context of curriculum reform*". Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21-25 August).

NGSS (2013). *The Next Generation Science Standards*. Washington: National Academy of Sciences.

Niaz, M. (2009). Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. *Science & Education*, 18(1), 43-65.

Oh, J.-Y. (2012). Suggesting a Flow Map of the Nature of Science for Sciences Education. En B. Zhang *et al.* (eds.), *International Conference on Science Education*. *Proceedings: Science Education: Policies and Social Responsibilities* (pp. 149-160). Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.

Park, S. (2005). *A study of PCK of science teachers for gifted secondary students going through the National Board Certification process*. Philosophy Doctoral Thesis. University of Georgia. Athens, Georgia, USA.

Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.

Ryan, A. G. y Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.

Sadler, T. D., Chambers, W. F. y Zeidler, D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), pp. 387-409.

Samarapungavan, A., Westby, E. L. y Bodner, G. M. (2006). Contextual epistemic development in science: a comparison of chemistry students and research chemists. *Science Education*, 90(3), 468-495.

Shibley, I. A. (2003). Using newspapers to examine the nature of science. *Science & Education*, 12(7), 691-702.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G. y Abd-El-Khalick, F. (2012). A Series of Misrepresentations: A Response to Allchin's Whole Approach to Assessing Nature of Science Understandings. *Science Education*, 96(4), 685-692.

Smith, M. U. y Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4), 493-509.

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 digital. En http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2012a). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2012b). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 34-55.

Vázquez, A., Manassero, M. A. y Bennássar, A. (Comp.) (2013). *Secuencias de Enseñanza - Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*. Edición en CD-ROM: Palma de Mallorca.

Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, A. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1895-1925). Dordrecht: Springer.

Wahbeh, N. y Abd-El-Khalick, F. (2014). Revisiting the translation of nature of science understandings into instructional practice: teachers' nature of science pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 36(3), 425-466.

Ziman, J. (2003), *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press.