

CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO PARA LA ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA (II): UNA PERSPECTIVA

José Antonio Acevedo Díaz

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

E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

[Recibido en Julio de 2008, aceptado en Enero de 2009]

RESUMEN (Inglés)

El conocimiento de la naturaleza de la ciencia (NdC) se considera un contenido clave en las recientes reformas de la enseñanza de las ciencias implantadas en diversos países del mundo. En este artículo, segunda parte del estudio, se muestra una perspectiva del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) para la enseñanza de la NdC. También se discuten algunos de los principales factores que impiden o dificultan la puesta en práctica de la NdC en la enseñanza de las ciencias y se interpretan mediante un modelo integrador del CDC.

Palabras clave: *Conocimiento Didáctico del Contenido; naturaleza de la ciencia; modelo integrador; enseñanza de la NdC.*

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la naturaleza de la ciencia (NdC en adelante) se considera, hoy, un contenido fundamental en muchos planteamientos curriculares de la enseñanza de las ciencias. También se le está empezando a prestar cierta atención en las evaluaciones internacionales de la alfabetización científica recientes como, por ejemplo, PISA 2006 [1] (Acevedo, 2007b; OECD, 2006, 2007). Así, los documentos para la reforma de la enseñanza de las ciencias, elaborados durante los pasados años 90 en diversos países del mundo –sobre todo de la cultura anglosajona, o que han sido y son influidos por ella (EE.UU., Gran Bretaña, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Taiwan, etc.)–, especifican con cierta claridad que el profesorado de ciencias no solo debe enseñar de manera consistente con los actuales puntos de vista sobre la ciencia y la actividad científica, sino que debe tener el propósito de enseñar a los estudiantes determinados aspectos de la NdC (p.e., AAAS, 1990, 1993; NRC, 1996). De otra forma, los currículos de ciencia escolar de estos países tienden a ser más explícitos respecto a la enseñanza y el aprendizaje de la NdC en la actualidad (Ratcliffe, 2008). Esto supone, sin duda, una tarea incierta y bastante complicada (Lederman, 2006, 2007). Como consecuencia de ello, desde hace relativamente pocos años, los

investigadores de didáctica de las ciencias están dedicando una atención renovada a la formación del profesorado para que éste pueda abordar la NdC en la enseñanza de las ciencias de una manera adecuada y con efectividad (Acevedo, 2008).

En la primera parte de este estudio (Acevedo, 2009), se ha discutido el significado general del *Conocimiento Didáctico del Contenido* (CDC en adelante) –*Pedagogical Content Knowledge* en inglés (PCK)– a partir de las ideas iniciales de su creador Lee S. Shulman. Como marco teórico, el CDC puede ayudar a dar respuestas a preguntas como las siguientes: ¿qué necesita conocer y saber hacer un profesor para impartir conocimientos actualizados de NdC, así como para enseñar de manera coherente con los puntos de vista contemporáneos sobre la NdC? [2], y ¿qué puede llevar a un profesor con una buena comprensión de la NdC, y formado para enseñarla, a no implementar la NdC en el aula de una forma explícita? La necesidad de una enseñanza explícita de la NdC ha incrementado los esfuerzos para comprender mejor los conocimientos y habilidades que necesitan los profesores para involucrar a los estudiantes en un aprendizaje más eficaz sobre la NdC.

Ahora, en la segunda parte del estudio, se analizarán diversos aspectos relativos a la formación del profesorado de ciencias respecto a la práctica docente de la NdC desde la perspectiva del CDC. Así mismo, se expondrán los principales factores generales y específicos que impiden o dificultan la enseñanza de la NdC, puesto que su conocimiento también se considera imprescindible para llevar a cabo los procesos de formación del profesorado de ciencias en torno a este tema.

CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO PARA LA ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Hoy se sabe que una buena comprensión de la NdC es insuficiente, aunque necesaria, para que el profesorado de ciencias traslade al aula determinados contenidos de NdC adecuadamente. Así, profesores que han conseguido una comprensión actualizada de algunos aspectos básicos de la NdC no intentan enseñarlos luego de manera explícita y reflexiva, o adoptan enfoques poco adecuados para ello (Acevedo, 2008; Lederman, 2006, 2007). La comprensión de las decisiones y prácticas docentes de los profesores de ciencias, en general, y de los principiantes, en particular, es una tarea compleja y los aspectos que pueden afectar a esas decisiones y prácticas docentes son muchos y diversos (Mellado y González, 2000) [3]. En consecuencia, es fundamental tener un buen conocimiento de la capacidad que poseen los profesores de ciencias para enseñar NdC y sobre la viabilidad de que puedan hacerlo con adecuación y eficacia (Hanuscin, Lee y Akerson, 2008). Para ello, también es necesario identificar los obstáculos que impiden o dificultan la puesta en práctica de la NdC en el aula, así como llegar a entenderlos con cierto detalle para intentar, después, que el profesorado llegue a superarlos (Acevedo *et al.*, 2004; Ratcliffe, 2008; Roehrig y Luft, 2004; Schwartz *et al.*, 2007, 2008).

De acuerdo con las tendencias actuales en educación científica, en este estudio se asume que la NdC se debe considerar como cualquier otro contenido de ciencias, que los profesores pueden enseñar y los estudiantes deberían ser capaces de aprender (Acevedo, 2008, 2009 en prensa; Kim *et al.*, 2005; Lederman, 2006, 2007; Ratcliffe,

2008). Al igual que sucede con otros contenidos científicos más habituales (Acevedo, 2009), el CDC puede resultar un marco teórico adecuado para investigar la formación del profesorado de ciencias respecto al desarrollo de la práctica docente de la NdC (Abell, 2008). Los profesores de ciencias necesitan construir un CDC específico para la enseñanza de la NdC –CDC-NdC en adelante– (Abd-El-Khalick, 2005; Acevedo, 2008; Akçay, Akçay y Medina-Jerez, 2008; Akerson y Volrich, 2006; Lederman *et al.*, 2001; Nam, Mayer y Choi, 2007; Ratcliffe, 2008; Schwartz y Lederman, 2002). Sin embargo, aún se sabe relativamente poco sobre cómo pueden conseguir este desarrollo (Hipkins, Barker y Bolstad, 2005; Lederman, 2006, 2007), por lo que es necesario investigar de manera más sistemática sobre el CDC-NdC, tal y como han sugerido, o incluso han empezando a hacer ya, algunos expertos en didáctica de las ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Hanuscin, Lee y Akerson, 2008; Kim *et al.*, 2005; Kwan y Wong, 2007; Lederman *et al.*, 2001; Ratcliffe, 2008; Schwartz y Lederman, 2002; Schwartz *et al.*, 2007, 2008).

Schwartz y Lederman (2002) han propuesto un modelo del CDC-NdC (representado como diagrama de Venn en la figura 1) que supone la integración entre los conocimientos del profesor sobre NdC, el tema de ciencias y la didáctica necesaria para enseñar NdC de manera eficaz en un contexto determinado. La propuesta se basa en el modelo integrador de Gess-Newsome (1999), mencionado en la primera parte de este estudio (Acevedo, 2009). Su uso podría ser, quizás, más apropiado con profesores principiantes o más inexpertos porque, en general, éstos tienen los tres componentes del CDC organizados de un modo más aislado que los profesores con más experiencia (Abd-El-Khalick, 2006; Gess-Newsome y Lederman, 1995; Lee y Luft, 2008; Nilsson, 2007, 2008; Roehrig y Luft, 2004).

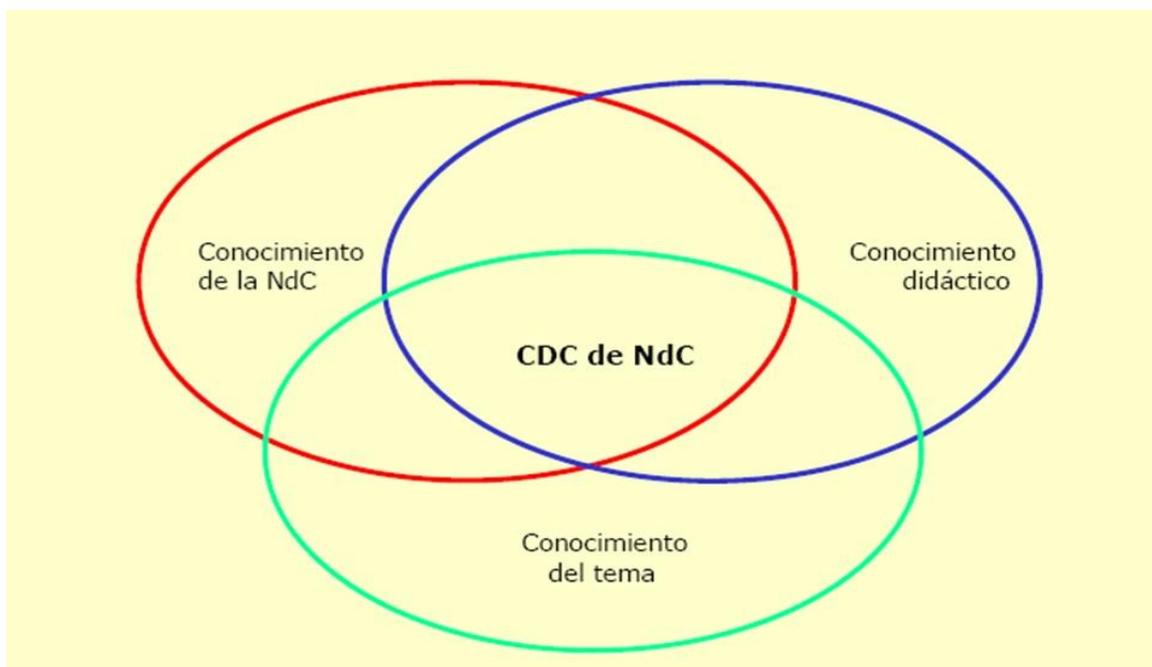


Figura 1.- Modelo integrador del CDC-NdC según Schwartz y Lederman (2002).

Los pocos estudios de caso realizados hasta ahora sobre el CDC-NdC coinciden en señalar la influencia de estos tres componentes; esto es, la visión que se tenga de la

NdC, el conocimiento del contenido científico del tema y el conocimiento didáctico y las creencias sobre la enseñanza. No obstante, ninguno de estos factores es útil a la hora de implementar la enseñanza de la NdC si se considera aislado de los demás, sino que surten efecto de manera conjunta en la práctica docente. Así, una buena comprensión de los puntos de vista actuales sobre la NdC es necesaria, pero no garantiza *per se* que se vaya a poner en práctica una enseñanza más adecuada de la NdC. Un buen conocimiento del contenido de los temas científicos también es necesario, pero tampoco es suficiente. No obstante, un amplio dominio del contenido de los temas científicos, junto con un buen conocimiento de las creencias e ideas de los estudiantes y de los puntos de vista contemporáneos sobre la NdC, aumenta la probabilidad de que se lleve a cabo esta enseñanza. Eso sí, siempre que se disponga del suficiente conocimiento didáctico general y específico para una puesta en práctica eficaz. Sobre este asunto, cabe decir que los resultados obtenidos por Kim *et al.* (2005) con profesores principiantes parecen respaldar el modelo del CDC-NdC propuesto por Schwartz y Lederman (2002), ya que tales resultados muestran la necesidad de una plena integración de los tres componentes del modelo señalado.

Además de una comprensión adecuada de diversos aspectos de la NdC, el CDC-NdC incluye el conocimiento y el uso de ejemplos variados, actividades de indagación, asuntos tecnocientíficos controvertidos de interés social, diversas demostraciones y explicaciones, así como episodios históricos que sirvan para ilustrar la NdC. Todos estos elementos deberían permitir a los profesores planificar, organizar y presentar el tema de ciencias para conseguir una enseñanza de la NdC más accesible a los estudiantes. Así mismo, el profesorado necesita disponer de conocimiento sobre las diferentes maneras de representar los numerosos aspectos propios de la NdC, para adaptarlos a los diversos intereses y capacidades de los alumnos.

Una enseñanza sobre la NdC más adecuada y eficaz requiere que los profesores de ciencias se sientan cómodos con el discurso acerca de la NdC. Así mismo, es necesario que el profesorado sepa planificar actividades de indagación científica [4], [5] para ayudar a los estudiantes a comprender las principales características de la NdC, dirigir debates sobre cuestiones que involucren diversos rasgos relevantes de la NdC y contextualizar la enseñanza de la NdC con ejemplos apropiados y pequeñas narraciones de historia de la ciencia. Todo este conocimiento base va mucho más allá de la necesidad de que los profesores de ciencias tengan un conocimiento rudimentario y simple de la NdC. Dicho de otro modo, para llevar a cabo en las aulas de ciencias una enseñanza en contexto sobre la NdC, que sea más adecuada y eficaz, los profesores deben ser capaces de:

(i) Implicar y orientar al alumnado en actividades de indagación científica o, inclusive, en investigaciones científicas auténticas (Abd-El-Khalick, 2001; Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Akerson y Hanuscin, 2007; Bell *et al.*, 2003; Budak y Köseoğlu, 2008; Bybee, 2004; Eick, 2000; Flick, 2004; García-Carmona, 2008; Garritz, 2006; Gil-Pérez y Vilches, 2005, 2006; Hodson, 1992; Lederman, 2004; Maiztegui *et al.*, 2002; NRC, 1996, 2000; Schwartz y Crawford, 2004; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004; Shapiro, 1996; Shipman, 2004; entre otros) [6].

(ii) Plantear asuntos tecnocientíficos controvertidos de interés social o cuestiones sociocientíficas [7], como otros autores las llaman con frecuencia (Abd-El-Khalick,

2003; Acevedo, 2008; Acevedo, Vázquez, Martín-Gordillo *et al.*, 2005; Albe, 2007, 2008; Albe y Simonneaux, 2003; Bell y Lederman, 2003; García-Carmona, 2008; Hanley, Ratcliffe y Osborne, 2007; Hildebrand, Bilica y Capps, 2008; Khishfe, 2006; Khishfe y Lederman, 2006; Kolstø, 2001a,b, 2008; Kolstø y Mestad, 2005; Liu, 2007; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2008; Sadler, 2004; Sadler, Chambers y Zeidler, 2004; Sadler y Zeidler, 2004, 2005a,b; Simmons y Zeidler, 2003; Walker y Zeidler, 2007; Zeidler *et al.*, 2002, 2007; Zeidler y Keefer, 2003; entre otros)[8].

(iii) Utilizar la historia de la ciencia para hacer a los estudiantes más comprensibles y accesibles algunas de las principales características de la NdC (Abd-El-Khalick, 1998; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000b; Akçay, 2007; Akçay, Akçay y Kuo, 2008; Akçay, Akçay y Medina-Jerez, 2008; Aktamiş y Taşkın, 2008; Bybee, 1990; Duschl, 2004; Irwin, 2000; Kolstø, 2008; McComas, 2008; Paixão, 1998; Seker y Welsh, 2005; Shamos, 1995; Solbes y Traver, 2003; entre otros). Así, por ejemplo, no es suficiente con que los profesores sepan que el conocimiento científico está incrustado en la sociedad y la cultura, sino que deben ser capaces de usar ejemplos y casos históricos simplificados de la práctica científica que ilustren esta característica de la NdC. En esta línea, Kolstø (2008) ha sugerido la necesidad de incluir episodios históricos tanto de la ciencia académica como de la ciencia post-académica (Ziman, 1998, 2003)[9].

En la correspondencia personal mantenida con el autor de este artículo durante mayo de 2008, Garritz sostiene que el tratamiento de las cuestiones sociocientíficas en el aula, mediante el uso de la argumentación dialógica, de la historia y la filosofía de la ciencia, así como del aprendizaje experimental basado en la indagación, es estrictamente necesario para lograr una enseñanza más adecuada y eficaz de la NdC. Ahora bien, aunque exista una relación entre todos estos factores (NdC, historia de la ciencia, indagación científica y cuestiones sociocientíficas o tecnocientíficas con interés social) en la enseñanza de las ciencias, la investigación didáctica sobre la enseñanza de la NdC viene mostrando reiteradamente que tal enseñanza suele resultar poco eficaz si no se utiliza un enfoque explícito y reflexivo –entre otros motivos porque la NdC es en gran parte meta-conocimiento– (Abd-El-Khalick, Waters y Le, 2008; Acevedo, 2008, 2009 en prensa; Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; Lederman, 2004, 2006, 2007)[10], por muy fructíferos que puedan resultar los contextos de aprendizaje utilizados (Abd-El-Khalick y Khishfe, 2000; Acevedo, 2008; Akerson y Hanuscin, 2007; Lederman, 2004; Kim *et al.*, 2005; Schwartz y Crawford, 2004; Schwartz, Lederman y Crawford, 2000, 2004).

La utilización de un enfoque explícito y reflexivo para la enseñanza de la NdC implica que determinados aspectos de la NdC se aborden de manera intencional y explícita en diversos contextos, que son una parte integral de este enfoque. Contextos tales como la historia y la filosofía de la ciencia, las cuestiones tecnocientíficas controvertidas y las prácticas de laboratorio –o cualquier otro trabajo de carácter práctico–, mediante una enseñanza basada en la indagación. Para ello, los estudiantes han de reflexionar meta-cognitivamente sobre lo que hacen e implicarse mediante la argumentación dialógica en debates de cuestiones como, por ejemplo, ¿por qué las investigaciones pueden diseñarse de diferentes maneras? También deben discutir las hipótesis y supuestos inherentes a una investigación científica determinada, así como las implicaciones que esas hipótesis y supuestos tienen para los resultados que puede

producir esa investigación. Además, los estudiantes tienen que debatir sobre la ciencia como forma de actividad humana influida por la cultura, la política y la sociedad, así como sobre las implicaciones sociales del conocimiento que produce. Los estudiantes pueden conseguir lo que está previsto en las reformas actuales de la enseñanza de las ciencias, en muchos países del mundo, únicamente en este nivel de reflexión sobre la ciencia y el conocimiento científico. No obstante, la participación de los estudiantes en este tipo de tareas, complejas y exigentes, implica el desarrollo y la utilización de capacidades y habilidades de alto nivel cognitivo para superar los retos que plantean esas tareas. Para ello, los estudiantes deben recibir ayudas educativas adecuadas y ser guiados por profesores bien formados y competentes en esta importante y difícil labor (Flick, 2004; Flick y Lederman, 2004).

Como ya se ha indicado más arriba, aunque los profesores de ciencias –principiantes o con experiencia– tengan una adecuada comprensión de la NdC, todavía quedaría pendiente el conocimiento a fondo de los factores que impiden o dificultan la necesaria transposición didáctica y su traslación a la práctica docente (Luft, Roehrig y Patterson, 2003). Éste es un asunto importante porque tales factores pueden inhibir el desarrollo de un CDC-NdC adecuado. Estos factores son relativamente numerosos en potencia y aparecen recogidos en la bibliografía de un modo algo disperso (p.e., Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Lederman, 1992, 1999; Lederman *et al.*, 2001; Schwartz *et al.*, 2007, 2008). Para los propósitos de este estudio, estos factores pueden clasificarse en generales y específicos.

FACTORES GENERALES QUE IMPIDEN O DIFICULTAN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Entre los principales factores generales se han señalado a menudo los siguientes:

(i) Diversos obstáculos de carácter institucional y administrativo como, por ejemplo, la presión para cubrir los contenidos de temarios enciclopédicos y la falta de tiempo disponible para ello (Abd-El-Khalick, 2005; Acevedo, 2008; Duschl y Wright, 1989; Hodson, 1993; Kim *et al.*, 2005; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2005, 2008; Schwartz y Lederman, 2002).

(ii) La percepción de un escaso valor real de la NdC como contenido curricular si se compara con otros contenidos conceptuales o procedimentales de ciencias (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Banet, 2007; Lederman, 1999; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2005, 2008).

(iii) El desconocimiento de finalidades y objetivos suficientemente claros que permitan justificar la implementación de la enseñanza sobre la NdC en las clases de ciencias (Acevedo, 2008; Acevedo *et al.*, 2004; Acevedo, Vázquez, Martín-Gordillo *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Bell, 2005; Lederman, 1999, 2006; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2005).

Otros factores generales que impiden o dificultan la puesta en práctica de la NdC en la enseñanza de las ciencias son similares a los que surgen como resistencias frente a las reformas e innovaciones educativas. Por ejemplo, profesores inexpertos con falta de confianza en sí mismos para organizar y dirigir el trabajo manteniendo un clima de aula adecuado, ineficacia para gestionar los recursos disponibles y encontrar otros

nuevos, percepción de escasa capacidad y motivación en el alumnado, incapacidad para enfrentarse a las diferentes motivaciones y capacidades de los estudiantes, etc. (Abd-El-Khalick, 2005; Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a; Acevedo, 2008; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Brickhouse y Bodner, 1992; Duschl y Wright, 1989; Hodson, 1993; Lederman, 1999; Lederman *et al.*, 2001; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, Schwartz y Lederman, 2002; entre otros). Estas resistencias suelen amplificarse en los sistemas educativos más conservadores. Así mismo, afloran cuando las reformas educativas se pretenden implantar siguiendo un modelo vertical y jerárquico, desde los responsables de la política educativa y los diseñadores del currículo normativo hasta los profesores, con los que no se cuenta casi nunca de un modo convincente. Esta fórmula ha mostrado su fracaso en la práctica con reiteración (Oliva y Acevedo, 2005).

Otro de los motivos generales más esgrimido por los profesores de ciencias para no enseñar la NdC en sus clases es que no se le suele prestar atención a ésta en las pruebas de evaluación externa (Lederman, 1999; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2005, 2008), como ocurre en el caso de las pruebas de acceso a las universidades españolas. Esta situación suele reforzar el poco valor que la mayoría del profesorado da a la NdC como contenido curricular, pues ya se sabe que los profesores apenas dedican tiempo a enseñar aquello que perciben con menor importancia institucional; de ahí la urgente necesidad de la presencia de cuestiones sobre la NdC en las diferentes evaluaciones externas que se apliquen.

FACTORES ESPECÍFICOS QUE DIFICULTAN UNA ENSEÑANZA MÁS ADECUADA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Todavía se sabe poco sobre los factores específicos que dificultan una enseñanza más adecuada de la NdC. No obstante, se dispone ya de algunos resultados recientes que son de interés. Así, un estudio realizado por Kim *et al.* (2005), en el que se describe un desarrollo continuo del CDC-NdC dentro del marco del proyecto ICAN[11], ha destacado los tres factores siguientes:

- (i) Confusión entre NdC y procesos de la ciencia (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Acevedo, 2008; Hipkins, Barker y Bolstad, 2005; Lederman, 1999, 2006; Matkins *et al.*, 2002).
- (ii) Desconocimiento de enfoques didácticos eficaces para la enseñanza de la NdC (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Hanuscin, Lee y Akerson, 2008; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2005).
- (iii) Falta de conocimiento profundo del tema científico (Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2005; Schwartz y Lederman, 2002).

En primer lugar, la identificación de los procesos de la ciencia con la propia NdC equivale a confundir hacer algo con conocerlo y tener capacidad para reflexionar sobre ello (Lederman, 2004)[12]. Por ejemplo, la calidad de los experimentos realizados por los estudiantes no tiene porqué ser representativa de un conocimiento reflexivo acerca de las características de la experimentación científica. Por lo tanto, una enseñanza basada en los procedimientos científicos ("hacer ciencia" o "*doing science*" en inglés)

no implica necesariamente una buena comprensión de la NdC (Eick, 2000), aunque pueda proporcionar un contexto de aprendizaje adecuado.

En segundo lugar, el desconocimiento de enfoques didácticos apropiados para impartir una enseñanza mejor de la NdC puede concretarse en el escaso dominio observado entre la mayor parte del profesorado a la hora de hacer explícita y reflexiva la enseñanza de la NdC. La bibliografía relativa a la eficacia de los enfoques implícito y explícito-reflexivo para la enseñanza de la NdC muestra pruebas a favor del segundo enfoque con regularidad, así como la insuficiencia de los enfoques didácticos que pretenden enseñar NdC únicamente de manera implícita; por ejemplo, mediante metodologías basadas en la indagación o en la historia de la ciencia que no estén acompañados de una enseñanza explícita y, sobre todo, reflexiva de la NdC. La reflexión resulta imprescindible para que a los estudiantes entiendan la naturaleza del trabajo científico que pueda desarrollarse en las clases de ciencias (Acevedo, 2008, 2009 en prensa; Flick y Lederman, 2004; Hodson, 1992). Para llevar a cabo este último tipo de enseñanza, los profesores precisan, primero, tener alguna comprensión conceptual de los objetivos que se persiguen con determinados aspectos de la NdC a fin de poder dirigir debates capaces de promover una reflexión explícita acerca de la NdC entre los alumnos. Asimismo, el profesorado necesita conocimientos didácticos generales para saber dirigir semejantes debates y sacarles el mayor partido posible en el aula.

En tercer lugar, los profesores deben ser capaces de hacer conexiones entre diversos aspectos de la NdC y los contenidos científicos de un tema; esto es, tienen que encontrar aspectos de la NdC en los contenidos científicos, además de tener suficiente conocimiento de esos contenidos. Por ejemplo, relaciones mutuas entre ciencia y sociedad en un tema de la evolución de las especies, o provisionalidad del conocimiento científico en un tema sobre modelos atómicos. Una buena comprensión de algunos conceptos científicos es necesaria para ello, incluyendo el conocimiento de la historia de su desarrollo y su base empírica (Akerson y Abd-El-Khalick, 2003; Schwartz y Lederman, 2002). El conocimiento a fondo del tema no sólo es imprescindible para llevar a cabo este tipo de innovaciones (Acevedo, 1996b)[13], sino también para que los profesores encuentren aspectos de la NdC que puedan integrarse en el tema que es objeto de la enseñanza.

Hay otros factores específicos que recuerdan a los señalados hace más de una década para poner en práctica otras innovaciones didácticas, tales como el uso de un enfoque CTS (Acevedo, 1996a,b), o la utilización de controversias tecnocientíficas de carácter social en la enseñanza de las ciencias (Reis, 2006; Reis y Galvão, 2004, 2008). Entre éstos estarían la escasa familiaridad de la mayoría del profesorado con muchas de las metodologías didácticas y estrategias de evaluación necesarias para una enseñanza más eficaz de la NdC (Nam, Mayer y Choi, 2007; Reis, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2005), así como el que estas técnicas puedan ser demasiado exigentes para muchos profesores, aunque resulten bastante estimulantes para la mayor parte del alumnado.

Por último, cabe mencionar un aspecto que, quizás, ha sido poco tratado hasta ahora en la investigación didáctica, como es el conocimiento del modo en que pueden verse afectadas las creencias del profesorado sobre la NdC cuando éstas se trasladan al aula integradas en diferentes contenidos curriculares de ciencias (Lederman, 2006, 2007).

En la bibliografía sobre la utilización del CDC en la enseñanza de las ciencias, citada en la primera parte de este estudio (Acevedo, 2009), hay diversos ejemplos que ilustran la influencia del conocimiento con detalle de ciertos temas de la asignatura en la organización de los contenidos. Puesto que la NdC se presenta con frecuencia en el aula integrada en diferentes temas científicos, es probable que el currículo y la enseñanza de las ciencias puedan influir en las creencias del profesorado sobre la NdC con el tiempo, especialmente cuando se reflexiona sobre las concepciones alternativas de los estudiantes (Da-Silva *et al.*, 2007; Tsai, 2006). Sin embargo, aún se sabe muy poco sobre la relación entre el CDC-NdC y el conocimiento de la organización de los otros temas de ciencias. Éste es un asunto muy importante, respecto al cual es necesario investigar mucho más porque podría tener gran influencia en la construcción del CDC-NdC del profesorado de ciencias (Acevedo, 2008).

CONSIDERACIONES FINALES

Sin una reforma a fondo de la enseñanza de las ciencias, sobre todo en la universidad, es muy probable que los candidatos a profesores de ciencias sigan participando en los programas de formación de postgrado con creencias poco apropiadas sobre la NdC. Por lo tanto, estos cursos tendrán que seguir intentando promover una comprensión más adecuada de la NdC entre los futuros profesores de ciencias (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2006). Las investigaciones realizadas hasta hoy sugieren que un enfoque explícito y reflexivo parece ser bastante más eficaz, para mejorar la comprensión del profesorado sobre la NdC, que los enfoques que utilizan sólo una enseñanza implícita y no reflexiva; esta última basada en la adquisición de habilidades en los procesos de la ciencia o, solamente, en actividades de indagación (Acevedo, 2008, 2009 en prensa). Así pues, es necesario acompañar estas metodologías –destrezas en procesos científicos y en actividades de indagación científica– con oportunidades suficientes para que los profesores puedan reflexionar sobre sus experiencias docentes mediante un esquema conceptual explícito que permita el desarrollo de determinados rasgos de la NdC.

Ahora bien, no basta con dar al profesorado de ciencias una formación destinada a adquirir el necesario conocimiento de la NdC, desde una perspectiva contemporánea, para que pueda impartir una enseñanza más adecuada y eficaz de la NdC. También hace falta que los profesores desarrollen un CDC-NdC que, además de lo anterior, incluya al menos, y de manera articulada, conocimientos de:

1. Contenidos científicos importantes, su desarrollo histórico y su base empírica.
2. Asuntos tecnocientíficos controvertidos con interés social.
3. Didáctica específica sobre la NdC para hacer conexiones entre ésta y el contenido de la estructura conceptual de los temas científicos.
4. Didáctica general para organizar y dirigir debates entre el alumnado que promuevan la argumentación dialógica.
5. Procedimientos de indagación científica en la escuela.
6. Materiales y recursos didácticos para implementar en el aula la enseñanza sobre la NdC.

7. Métodos y ejemplos de evaluación del aprendizaje de la NdC.

El cambio de una enseñanza implícita de la NdC a otra explícita y reflexiva necesita no sólo de un buen conocimiento sobre la NdC actual; también requiere un conocimiento didáctico específico de la enseñanza de la NdC y una comprensión mejor de los temas científicos en los que ésta se vaya a insertar. Estos tres elementos no actúan de modo aislado, sino entrelazados, configurando un modelo integrador del CDC-NdC, que luego puede transformarse con una reflexión sobre la práctica docente. Sin embargo, todavía no ha sido suficientemente aclarada la relación mutua entre las creencias del profesorado sobre la NdC, los contenidos de los temas científicos y los aspectos didácticos generales y específicos. Así mismo, se han hecho muy pocos estudios interpretativos y explicativos, y menos aún predictivos, desde la perspectiva del CDC-NdC. Esta línea de investigación podría proporcionar una información fundamental sobre la planificación y la calidad de las actividades de desarrollo profesional del profesorado de ciencias centradas en la enseñanza de la NdC.

Las investigaciones relativas a la traslación a la práctica docente de las concepciones del profesorado sobre la NdC sugieren que los futuros profesores de ciencias tengan suficientes oportunidades para debatir y reflexionar sobre diversos aspectos de la NdC en diferentes contextos de la formación del profesorado. Por ejemplo, se puede interrogar a los candidatos a profesores de ciencias sobre las lecciones que planifican en cursos de micro-enseñanza para mejorar su comprensión de la NdC; preguntarles acerca del diseño de una unidad didáctica de NdC en cursos sobre el currículo de ciencias; asignarles tareas de planificación de nuevos métodos para evaluar la comprensión de la NdC de los estudiantes, etc. (Lederman *et al.*, 2001).

La implementación eficaz de la NdC en la enseñanza de las ciencias no es un proceso sencillo. Los obstáculos y dificultades para llevar a cabo una enseñanza de la NdC adecuada son muchos; pero algunos de ellos podrían mitigarse con programas más eficaces de formación del profesorado (Kim *et al.*, 2005; Lederman, 2004; Luft, Roehrig y Patterson, 2003). No debe olvidarse, además, que el desarrollo del CDC suele ser el resultado de una experiencia amplia en la enseñanza de un tema determinado; si bien, una experiencia docente dilatada no garantiza por sí sola, en absoluto, una articulación más correcta de los componentes del CDC correspondiente a un tema, como puede ser en el caso de la NdC, pues no debe confundirse experiencia con pericia (Abd-El-Khalick, 2006; Gess-Newsome y Lederman, 1995; Abell, 2008; Hoz, Tomer y Tamir, 1990). Por lo tanto, es imprescindible definir, describir y analizar buenas prácticas docentes de contenidos correspondientes a la NdC en la enseñanza de las ciencias, que ayuden a los profesores menos expertos a desarrollar de una manera más reflexiva su propio CDC-NdC. También parece necesario hacer muchas más investigaciones en torno a experiencias y prácticas docentes del profesorado, para ayudarle a percibir la NdC en los contenidos científicos y mejorar así la enseñanza de esta temática. Para todo ello, el CDC-NdC puede resultar un marco teórico muy útil.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a mi amigo Andoni Garritz la lectura de dos versiones previas de este trabajo. Sus comentarios y sugerencias, así como sus valiosas aportaciones, sirvieron para que

me replanteara en parte lo escrito en la primera de esas versiones. Así mismo, quiero agradecerle a mi apreciado amigo Antonio García Carmona, la exhaustiva revisión del texto previo a la versión definitiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- AAAS, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- ABD-EL-KHALICK, F. (1998). The influence of history of science course on students' conceptions of the nature of science. Unpublished doctoral dissertation. Oregon State University, Oregon.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary science: abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215-233.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms. En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning of socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 41-61). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15-42.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2006). Preservice and experienced biology teachers' global and specific subject matter structures: implications for conceptions of pedagogical content knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), 1-29, <http://www.ejmste.com/>.
- ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. y LEDERMAN, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- ABD-EL-KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N. G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFSTEIN, A., NIAZ, M., TREAGUST, D. y TUAN, H-L. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- ABD-EL-KHALICK, F. y KHISHFE, R. (2000). Inquiry instruction and learning about nature of science: the need for an explicit reflective component. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. New Orleans, LA.
- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.

- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N. G. (2000b). The influence of history of science course on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- ABD-EL-KHALICK, F., WATERS, M. y LE, A-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835-855.
- ABELL, S. K. (2008). Twenty years later: does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- ACEVEDO, J. A. (1996a). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo2.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (1996b). La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26, 131-144. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo9.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (1997). ¿Publicar o patentar? Hacia una ciencia cada vez más ligada a la tecnología. *Revista Española de Física*, 11(2), 8-11. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.oei.es/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. (2006a). Investigación científica, naturaleza de la ciencia y enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 306-311, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2006b). 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, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2006c). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 369-390, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2007a). Investigación científica, naturaleza de la ciencia y enseñanza de las ciencias (II). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 571-579, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2007b). Las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en el estudio PISA 2006. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 394-416, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2007c). Una selección de artículos sobre decisiones tecnocientíficas y enseñanza de las ciencias (I). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 195-201, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

- ACEVEDO, J. A. (2007d). Una selección de artículos sobre decisiones tecnocientíficas y enseñanza de las ciencias (II). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 358-363, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- 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), 178-198, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2009). 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, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2009 en prensa). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición digital, <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF>.
- ACEVEDO, J. A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M. A., OLIVA, J. M^a, 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. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2004, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo21.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN-GORDILLO, M., OLIVA, J. M^a, ACEVEDO, P., PAIXÃO, M. F. y MANASSERO, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- 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(1), 42-66, <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(2), 202-225, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., PAIXÃO, M. F., ACEVEDO, P., OLIVA, J. M^a y MANASSERO, M. A. (2005). Mitos da didáctica das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência & Educação*, 11(1), 1-15.

- AKÇAY, B. B. (2007). The influence of history of science course on pre-service science teachers' understanding of nature of science. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- AKÇAY, B. B., AKÇAY, H. y MEDINA-JEREZ, W. J. (2008). Students' key ideas on what to teach nature of science in science classrooms. Paper presented at the XIII IOSTE Symposium, "The Use of Science and Technology Education for Peace and Sustainable Development" (pp. 61-66). Kuşadası, Turkey (September 21-26).
- AKÇAY, H., AKÇAY, B. B. y KUO, P-C. (2008). Effectiveness of a history of science course experience in improving preservice science teachers' understanding of the nature of science. Paper presented at the XIII IOSTE Symposium, "The Use of Science and Technology Education for Peace and Sustainable Development" (pp. 1260-1265). Kuşadası, Turkey (September 21-26).
- AKERSON, V. L. y ABD-EL-KHALICK, F. (2003). Teaching elements of nature of science: a yearlong case study of a fourth-grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1025-1049.
- AKERSON, V. L. y HANUSCIN, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- 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(4), 377-394.
- AKTAMIŞ, H. y TAŞKIN, B. C. (2008). The effect of the history of science on the ideas related to the nature of science. Paper presented at the XIII IOSTE Symposium, "The Use of Science and Technology Education for Peace and Sustainable Development" (pp. 1233-1239). Kuşadası, Turkey (September 21-26).
- ALBE, V. (2007). Students considerations on the nature of science when interpreting a socioscientific issue. Paper presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- ALBE, V. (2008). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17(8-9), 805-827.
- ALBE, V. y SIMONNEAUX, L. (2003). Epistemological thought and role play: impact on teachers opinions on mobile phone risks. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (August 19-23).
- BARROW, J. H. (2006). A brief history of inquiry: from Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278.

- BARTHOLOMEW, H., OSBORNE, J. y RATCLIFFE, M. (2004). Teaching students ideas-about-science: five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
- BANET, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.
- BELL, R. L. (2003). Exploring the role of the natures of science understanding in decision-making: pipe dream or possibility? En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 63-79). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- BELL, R. L. (2005). The nature of science in instruction and learning. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Colorado Springs, CO.
- BELL, R. L., BLAIR, L. M., CRAWFORD, B. A. y LEDERMAN, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.
- BELL, R. L. y LEDERMAN, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
- BELL, R. L., LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: a follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 563-581.
- BRICKHOUSE, N. W. y BODNER, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 471-485.
- BUDAK, E. y KÖSEOĞLU, F. (2008). Developing an explicit inquiry-based professional development workshop: examining the effects on science teachers' views of nature of science. Paper presented at the XIII IOSTE Symposium, "The Use of Science and Technology Education for Peace and Sustainable Development" (pp. 104-108). Kuşadası, Turkey (September 21-26).
- BYBEE, R. W. (1990). Teaching history and the nature of science in science courses: a rationale. *Science Education*, 75(1), 143-156.
- BYBEE, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. En Flick, L. B. y Lederman, N. G. (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 1-14). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- DA-SILVA, C., MELLADO, M., RUIZ, C. y PORLÁN, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: longitudinal analysis using cognitive maps. *Science Education*, 91(3), 461-491.
- DEBOER, G. E. (2004). Historical and contemporary educational contexts: historical perspectives on inquiry teaching in schools. En L. Flick y N. G. Lederman

- (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 17-36). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- DUSCHL, R. (2004b). Relating history of science to learning and teaching science: using and abusing. En L. Flick y N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 319-330). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- DUSCHL, R. A. y WRIGHT, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 467-501.
- EICK, C. J. (2000). Inquiry, nature of science, and evolution: the need for a more complex pedagogical content knowledge in science teaching. *Electronic Journal of Science Education*, 4(3), http://ejse.southwestern.edu/original%20site/manuscripts/v4n3/articles/art03_eick/eick.html.
- FLICK, L. (2004). Developing understanding of scientific inquiry in secondary students. En L. Flick y N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 157-172). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- FLICK, L. y LEDERMAN, N. G. (Eds.) (2004). Introduction. En L. Flick y N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. ix-xvii). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2008). Relaciones CTS en la educación científica básica II: investigando los problemas del mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 389-402.
- GARRITZ, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127-152.
- GESS-NEWSOME, J. (1999). Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education* (pp. 3-17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- GESS-NEWSOME, J. y LEDERMAN, D. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 301-325.
- GIL-PÉREZ, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- GIL-PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.

- GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones: ¿necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 302-329, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- HANLEY, P., RATCLIFFE, M. y OSBORNE, J. (2007). Teachers' experiences of teaching "ideas-about-science" and socio-scientific issues. Paper presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- HANUSCIN, D., LEE, L. y AKERSON, V. (2008). Pedagogical content knowledge for teaching the nature of science: a study of teachers effective in impacting students' views. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, BA (March 30 - April 2).
- HILDEBRAND, D., BILICA, K. y CAPPS, J. (2008). Addressing controversies in science education: a pragmatic approach to evolution education. *Science & Education*, 17(8-9), 805-827.
- HIPKINS, R., BARKER, M. y BOLSTAD, R. (2005). Teaching the "nature of science" cold: modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27(1), 243-254.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-562.
- HODSON, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24(1-2), 41-52.
- HOLLIDAY, W. G. (2004). A balanced approach to science inquiry teaching. En L. Flick y N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 201-218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- HOZ, R., TOMER, Y. y TAMIR, P. (1990). The relations between disciplinary and pedagogical knowledge and the length of teaching experience of biology and geography teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 973-985.
- IRWIN, A. R. (2000). Historical case studies: teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
- KHISHFE, R. (2006). Nature of science and decision making on socioscientific issues. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Portland, OR (January 12-14).

- KHISHFE, R. y ABD-EL-KHALICK, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-581.
- KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- 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. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX (April 4-7).
- KOLSTØ, S.D. (2001a). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- KOLSTØ, S. D. (2001b). "To trust or not to trust,..." Students' ways of dealing with a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- KOLSTØ, S. D. (2008). Science education for democratic citizenship through the use of the history of science. *Science & Education*, 17(8-9), 977-997.
- KOLSTØ, S. D. y MESTAD, I. (2005). Learning about the nature of scientific knowledge: the imitating-science project. En K. Boersma, M. Goedhart, O. D. Jong y H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the quality of science education* (pp. 247-258). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- KWAN, J. y WONG, S. L. (2007). Interactive relationships among teachers' intentions, beliefs, pedagogical content knowledge and classroom instruction on the nature of science. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-18).
- LEDERMAN, J. S. y LEDERMAN, N. G. (2004). Early elementary students' and teachers' understandings of nature of science and scientific inquiry. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Vancouver, Canadá (31 March-3 April).
- LEDERMAN, J. S. y LEDERMAN, N. G. (2005). Developing and assessing elementary teachers' and students' understandings of nature of science and scientific inquiry. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
- LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- LEDERMAN, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.

- LEDERMAN, N. G. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. En Flick, L. B. y Lederman, N. G. (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 301-317). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- LEDERMAN, N. G. (2006). Research on nature of Science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- LEDERMAN, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En Abell, S. K. y Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- LEDERMAN, N. G. y LEDERMAN, J. S. (2004). Project ICAN: a professional development project to promote teachers' and students knowledge of nature of science and scientific inquiry. En A. Buffler y R. C. Laugksch (Eds.), *Proceedings of the 12th Annual Conference of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education*. Durban: SAARMSTE.
- LEDERMAN, N. G., LEDERMAN, J. S., KHISHFE, R., DRUGER, E., GNOFFO, G. y TANTOCO, C. (2003). Project ICAN: a multi-layered model of professional development. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA.
- LEDERMAN, N. G., LEDERMAN, J. S., KIM, B. S. y KO, E. K. (2006). Project ICAN: a program to enhance teachers' and students' understandings of nature of science and scientific inquiry. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
- LEDERMAN, N. G., LEDERMAN, J. S., KIM, B. S. y KO, E. J. (2007). Project ICAN: linking teachers' knowledge and practice related to nature of science and scientific inquiry. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- LEDERMAN, N. G., SCHWARTZ, R., ABD-EL-KHALICK, F. y BELL, R. F. (2001). Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: an intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1(2), 135-160.
- LEDERMAN, N. G., SCHWARTZ, R., LEDERMAN, J. S., MATTHEWS, L. y KHISHFE, R. (2002). Project ICAN: a teacher enhancement project to promote teachers' and students' knowledge of scientific inquiry and nature of science. Symposium presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA.
- LEE, E y LUFT, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343-1363.
- LIU, S-Y. (2007). Exploring relations between scientific epistemological beliefs and decision making on a socioscientific issue. Paper presented at the Annual

- Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-18).
- LUFT, J. A., ROHRIG, G. H. y PATTERSON, N. C. (2003). Contrasting landscapes: a comparison of the impact of different induction programs on beginning secondary science teachers' practices, beliefs, and experiences. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(1), 77-97.
- MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DEL CARMEN, L., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL-PÉREZ, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155.
- MATKINS, J. J., BELL, R., IRVING, K. y McNALL, R. (2002). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. En P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Di Biase y B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 456-481). Pensacola, FL: ASTE.
- McCOMAS, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2-3), 249-263.
- MELLADO V. y GONZÁLEZ T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. En J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 535-555). Alcoy: Marfil.
- 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. En "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 21st - August 25).
- NILSSON, P. (2007). Teaching for understanding – The complex nature of PCK in pre-service education. En "The development of a professional knowledge base for teaching science", Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- NILSSON, P. (2008). Teaching for understanding: the complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. National Washington, DC: Academic Press.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006*. París: OECD. Traducción castellana (2006), *Evaluación de la competencia científica, lectora y matemática: un marco teórico para PISA 2006*. Madrid: INECSE.
- OECD (2007). *PISA 2006. Science Competencies for Tomorrow's World. Volume 1: Analysis*. Paris: OECD. Traducción castellana (2008), *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo de mañana*. Madrid: Santillana.
- OLIVA, J. M^a y ACEVEDO, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 241-250, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- PAIXÃO, M^a F. (1998). *Da construção do conhecimento didáctico na formação de professores de ciências. Conservação da massa nas reacções químicas: um estudo de índole epistemológica*. Dissertação de doutoramento (não publicada). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro.
- RATCLIFFE, M. (2008). Pedagogical content knowledge for teaching concepts of the nature of science. Paper presented at the 9th Nordic Research Symposium on Science Education. Reykjavik, Iceland, (11 - 15 June).
- REIS, P. (2004). *Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida*. Tese de doutoramento. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, <http://pwp.netcabo.pt/PedroRochaReis/>.
- REIS, P. (2006). Uma iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula. *Interacções*, 4, 64-107, <http://www.eses.pt/interaccoes>.
- REIS, P. y GALVÃO, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers' conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34(2), 153-171.
- REIS, P. y GALVÃO, C. (2005). Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 131-160, <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>.
- REIS, P. y GALVÃO, C. (2008). Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 746-772, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- ROEHRIG, G. H. y LUFT, J. A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24.
- SADLER, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.

- 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), 387-409.
- SADLER, T. D. y ZEIDLER, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4-27.
- SADLER, T. D. y ZEIDLER, D. (2005a). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- SADLER, T. D. y ZEIDLER, D. (2005b). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71-93.
- SCHWARTZ, R. y CRAWFORD, B. A. (2004). Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science: identifying critical elements for success. En Flick, L. B. y Lederman, N. G. (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 331-355). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SCHWARTZ, R. y LEDERMAN, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": the influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- SCHWARTZ, R., LEDERMAN, N. G. y CRAWFORD, B. A. (2000). Making connections between the nature of science and scientific inquiry: a science research internship for preservice teachers. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Akron, OH (January 6-9).
- SCHWARTZ, R., LEDERMAN, N. G. y CRAWFORD, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- SCHWARTZ, R., SKJOLD, B., HONG, H-H., AKOM, G., HUANG, F. y KAGUMBA, R. (2007). A change in perspective: science education graduate students' reflections on learning NOS. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-18).
- SCHWARTZ, R., SKJOLD, B., HONG, H-H., AKOM, G., HUANG, F. y KAGUMBA, R. (2008). Case studies of future science teacher educators' learning about nature of science. Paper presented at the Annual International Meeting of the American Educational Researchers Association. New York City, NY (March 24-28).
- SEKER, H. y WELSH, L. C. (2005). The comparison of explicit and implicit ways of using history of science for student understanding of the nature of science.

Paper presented at the Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18).

- SHAMOS, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- SHAPIRO, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science. Learning about the "face of science that does not yet know". *Science Education*, 80(5), 535-560.
- SHIPMAN, H. L. (2004). Inquiry learning in college classrooms: for the times, they are, a changing. En L. Flick y N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 357-388). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SIMMONS, M. L. y ZEIDLER, D. L. (2003). Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific issues. En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning of socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 81-94). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SOLBES, J. y TRAVER, M. (2003). Against a negative image of science: history of science and the teaching of physics and chemistry. *Science & Education*, 12(7), 703-717.
- TSAI, C-C. (2006). Reinterpreting and reconstructing science: teachers' view changes toward the nature of science by courses of science education. *Teaching and Teacher Education*, 22(3), 363-375.
- 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, <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2006). Aplicación del Cuestionario de Opiniones CTS con una nueva metodología en la evaluación de un curso de formación CTS del profesorado. *Tarbiya*, 37, 31-65.
- 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. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm>.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2008). Consensos sobre a natureza da ciência: a ciência e a tecnologia na sociedade. *Química Nova na Escola*, 27, 34-50.
- WALKER, K. A. y ZEIDLER, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1387-1410.
- ZEIDLER, D. L. y KEEFER, M. (2003). The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education: philosophical, psychological and pedagogical considerations. En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning and discourse on socioscientific issues in science education* (pp. 7-38). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- ZEIDLER, D. L., SADLER, T. D., CALLAHAN, B., BUREK, K. y APPLEBAUM, S. (2007). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. Paper presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- ZEIDLER, D. L., WALKER, K. A., ACKETT, W. A. y SIMMONS, M. L. (2002). Tangled up in views: beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.
- ZIMAN, J. (1984). *An introduction to science studies. The philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de J. Beltrán Ferrer (1986), *Introducción al estudio de las ciencias. Los aspectos filosóficos y sociales de la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Ariel.
- ZIMAN, J. (1998). *Real Science. What it is, what it means*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. Pérez Sedeño y N. Galicia Pérez (2003), *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press.
- ZIMAN, J. (2003). Ciencia y sociedad civil. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 1(1), 177-188. Publicado también el mismo año en *Isegoría*, 28, 5-17.

[1] En efecto, en uno de los documentos citados puede leerse que: "[...] Según esta definición de la competencia científica, el conocimiento entraña mucho más que la capacidad de recordar información, hechos y nombres. La definición hace referencia tanto al conocimiento de la ciencia (el conocimiento del mundo natural) como al conocimiento acerca de la propia ciencia. El primero de ellos comporta la comprensión de los conceptos y las teorías científicas fundamentales, mientras que el segundo implica comprender la naturaleza de la ciencia como actividad humana, así como el poder y las limitaciones del conocimiento científico. Las cuestiones que se han de identificar son aquellas a las que puede dar respuesta la investigación científica, lo cual, una vez más, requiere un conocimiento acerca de la ciencia y un conocimiento científico de los temas pertinentes." (OECD, 2006; p. 24 de la traducción al español).

[2] No es éste el lugar para hacer una discusión acerca de los puntos de vista actuales y el consenso logrado en la didáctica de las ciencias sobre la NdC. El lector interesado podrá encontrar una amplia información sobre este asunto en los trabajos de Acevedo *et al.* (2007a,b), Vázquez, Acevedo y Manassero (2004) y Vázquez *et al.* (2001, 2007a,b, 2008), entre otros más. Estos artículos incluyen también una amplia bibliografía sobre el tema señalado.

[3] Una cosa es la visión de la NdC que tiene un profesor y otra distinta son sus creencias acerca de cómo se debe enseñar ciencias. Según Hodson (1993), una comprensión adecuada de la NdC es condición necesaria pero insuficiente para que el comportamiento docente sea coherente con sus concepciones sobre

la NdC. Pero, además, la investigación en didáctica de las ciencias ha mostrado en más de una ocasión que hay profesores de ciencias con diferentes creencias sobre la NdC que pueden llevar a cabo prácticas de aula similares y, viceversa, profesores con creencias semejantes acerca de la NdC que pueden actuar en el aula con distintas prácticas docentes (Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo et al., 2004).

[4] Tal vez Rodger W. Bybee sea quien más ha influido, en la política educativa de los EE.UU., para que la indagación científica y la NdC se incluyan en el currículo de ciencia escolar. La relevancia de ambas en la educación científica queda muy clara en Bybee (2004). Así mismo, unas narraciones breves sobre la dilatada historia de la enseñanza de las ciencias mediante indagación en los EE.UU. pueden consultarse en DeBoer (2004) y en Barrow (2006). El primero de ellos también matiza los diferentes usos de la indagación en la educación científica durante el siglo pasado (DeBoer, 2004).

[5] Según los *National Science Education Standards* (NSES) elaborados por el *National Research Council* de EE.UU., la indagación científica (*scientific inquiry* en inglés) es: "Una actividad polifacética que implica hacer observaciones; plantear preguntas; examinar libros y otras fuentes de información para ver qué es lo ya conocido; planificar investigaciones; revisar lo conocido hoy en día a la luz de las pruebas experimentales; utilizar instrumentos para reunir, analizar e interpretar datos; proponer respuestas, explicaciones y predicciones; y comunicar los resultados" (NRC, 1996, p. 23). No obstante, Flick y Lederman (2004) advierten que el término indagación científica tiene tres significados diferentes en los NSES (lo que tal vez ha contribuido a crear cierta confusión sobre el término): (i) la práctica de una diversidad de procedimientos y modos de razonamiento que sustentan el desarrollo de nuevos conocimientos científicos, (ii) el conocimiento sobre los procedimientos que usan los científicos para elaborar el conocimiento científico, y (iii) un enfoque de enseñanza que se puede usar para enseñar los temas habituales de ciencias a los estudiantes. Así pues, la indagación científica implica mucho más que un método de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Bybee, 2004); tampoco debe confundirse necesariamente con una forma de enseñanza implícita o por descubrimiento autónomo (Holliday, 2004).

[6] Véanse los resúmenes de diversos artículos sobre indagación científica y NdC en la enseñanza de las ciencias publicados en esta década en Acevedo (2006a, 2007a).

[7] Las cuestiones sociocientíficas pueden proporcionar un contexto bastante apropiado para la enseñanza de la NdC, pero aún no está claro el papel de las creencias sobre la NdC en los razonamientos y argumentos de las personas a la hora de tomar decisiones sobre estos asuntos controvertidos (Sadler, 2004; Albe, 2008); incluso hay trabajos que muestran que este papel es poco decisivo en los razonamientos informales y espontáneos (Bell, 2003; Bell y Lederman, 2003; Walker y Zeidler, 2007).

[8] Véanse los resúmenes de varios artículos sobre el uso de asuntos tecnocientíficos en la enseñanza de las ciencias publicados en esta década en Acevedo (2007c,d), algunos de los cuales también hacen referencia a la enseñanza de la NdC.

[9] Ziman (1998, 2003) distingue entre tres modos de ciencia: académica, industrial y post-académica. El principal valor de la ciencia industrial es la utilidad para las necesidades tecnológicas de la industria (Ziman, 1984). Por el contrario, el valor más importante de la ciencia académica es el conocimiento en sí mismo. Los cambios acaecidos desde finales del siglo XIX y, sobre todo, durante la segunda mitad del siglo XX y lo que va del actual han dado lugar a una nueva forma de ciencia, que es consecuencia de la convergencia cada vez mayor entre la ciencia académica y la ciencia industrial (véase, p.e., Acevedo, 1997, 2006b). Esta nueva forma es la que Ziman (1998, 2003) denomina ciencia post-académica, que incluye valores no-epistémicos como la utilidad, el interés comercial y el beneficio económico, entre otros (Acevedo, 1998). Así mismo, la autonomía de los científicos para investigar está más reducida en la ciencia post-académica que en la ciencia académica y los científicos se ven obligados a guardar secreto de buena parte de lo que investigan (Acevedo, 1997, 1998). Por otra parte, la ciencia post-académica está más conectada con la sociedad y de una forma más compleja, en general, que la ciencia académica (Ziman, 1998), lo que concede mayor relevancia a los factores no-epistémicos en la percepción pública de las cuestiones tecnocientíficas involucradas en la investigación científica post-académica, muchas de las cuales son asuntos controvertidos con interés social (Acevedo, 2006c).

[10] Un enfoque explícito y reflexivo de la NdC conlleva una enseñanza que permita la identificación de algunas de las principales características de la NdC en el propio contexto de aprendizaje de las ciencias y que, asimismo, incluya contenidos explícitos de NdC. Además, debe resaltar el conocimiento de los estudiantes sobre ciertos aspectos de la NdC relacionados con las actividades de ciencias en las que se implican en el aula, así como la reflexión sobre esas actividades dentro de un esquema conceptual que abarque esos aspectos de la NdC.

[11] Acrónimo en inglés del proyecto *Inquiry, Context, and Nature of Science*, (Lederman et al., 2002, 2003, 2004, 2006, 2007; Lederman y Lederman, 2004 bis, 2005; proyecto en línea: <http://www.iit.edu/~ican/>).

[12] Salvando la distancia, esta confusión es similar a creer que se puede aprender sobre la respiración simplemente respirando (Lederman, 1992).

[13] Como es bien sabido, la capacidad innovadora de un profesor queda muy reducida por un insuficiente conocimiento del tema a enseñar, de la naturaleza y estructura conceptual de la disciplina y del desarrollo histórico de los conceptos puestos en juego (Gil-Pérez, 1991, 1993).

PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE FOR NATURE OF SCIENCE TEACHING (II): A VIEW

SUMMARY

Nature of science (NOS) is a critical content in recent science education reform efforts of several countries worldwide. In this paper, second part of the study, we show a view of the Pedagogical Content Knowledge (PCK) for NOS teaching. The major constraints that impede or inhibit to implementing NOS in science teaching are also discussed, and we interpret it through a PCK integrative model for NOS teaching.

Key words: *Pedagogical Content Knowledge; nature of science; integrative model; NOS teaching.*