

FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE CIENCIAS Y ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

José Antonio Acevedo Díaz

E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

[Artículo invitado]

RESUMEN

La formación del profesorado para la implementación de una enseñanza de la naturaleza de la ciencia (NdC) con calidad es un aspecto clave de la didáctica de las ciencias actual. En este artículo, se exponen los componentes principales del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) para la enseñanza de la NdC, como el conocimiento base que debe conseguir un profesor de ciencias en su desarrollo profesional. Se proponen un modelo integrador del CDC-NdC, varios contextos para presentar la NdC en el aula y el uso de un enfoque explícito y reflexivo. La formación del profesorado de ciencias debe prestar atención a los aspectos indicados y la didáctica de la ciencia investigarlos.

Palabras clave: *Formación del profesorado de ciencias; naturaleza de la ciencia; Conocimiento Didáctico del Contenido; enfoque explícito y reflexivo.*

INTRODUCCIÓN

La naturaleza de la ciencia (NdC en adelante) se considera un contenido esencial en muchos documentos curriculares actuales de enseñanza de las ciencias, e incluso se le ha prestado atención en las recientes evaluaciones internacionales de la alfabetización y competencia científica como, por ejemplo, PISA 2006 (Acevedo, 2007; OECD, 2006, 2007). A pesar de ello, la realidad es que una enseñanza de la NdC de calidad y un aprendizaje efectivo de la NdC aún están muy lejos de haber calado en la enseñanza de las ciencias (Lederman, 2006).

Las investigaciones realizadas en las dos últimas décadas han mostrado con claridad que el profesorado de ciencias de los distintos niveles educativos no tiene, en general, una buena comprensión de la NdC (Lederman, 1992; Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002; Vildósola, 2009; entre otros muchos) ni, tampoco, los futuros profesores de ciencias de secundaria (Acevedo, 2000; Acevedo y Acevedo, 2002), cuyas creencias no son muy diferentes de las del profesorado de ciencias en ejercicio (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2002). Así pues, es evidente la necesidad de prestar mucha más atención a la NdC en los cursos de formación del profesorado de ciencias de todos los niveles educativos, tanto en la formación inicial como en la correspondiente al ejercicio profesional.

La modificación de las creencias del profesorado sobre la NdC debería ser un objetivo urgente de la didáctica de las ciencias, pues no se puede enseñar lo desconocido o lo que se conoce mal. Algunas creencias parecen evolucionar más fácilmente que otras,

pero la comprensión adquirida en los cursos de formación suele ser más frágil de lo deseable y no se retiene con el paso del tiempo en todos los casos (Akerson, Morrison y McDuffie, 2006; Lederman, 2006). No me extenderé más en este asunto puesto que se ha escrito mucho sobre él y hay disponible numerosa bibliografía, la cual he revisado recientemente (Acevedo, 2008), que sigue creciendo sin cesar.

Un buen conocimiento de la NdC es absolutamente necesario, pero insuficiente para garantizar una enseñanza de la NdC adecuada. La formación del profesorado para una enseñanza de la NdC eficaz es un aspecto crucial de la didáctica de las ciencias. Abordaré esto último en este artículo con cierta brevedad. Como marco teórico para el discurso, me basaré en lo que se conoce como Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) para la enseñanza de la NdC (CDC-NdC en lo que sigue). Eludo aquí una explicación general del CDC; para ello, se puede consultar mi revisión sobre el CDC (Acevedo, 2009a) y, después, seleccionar algunas lecturas de la amplia bibliografía citada. Así mismo, utilizaré aquí las principales ideas expuestas en mis trabajos más recientes sobre la enseñanza de la NdC (Acevedo, 2008, 2009b, 2009c).

EL CDC-NdC COMO MARCO TEÓRICO PARA EL ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO Y EL DISCURSO SOBRE ELLA

Si se asume que la NdC es como cualquiera de los demás temas de ciencias que los profesores pueden enseñar y los estudiantes deben aprender, entonces los profesores tendrán que desarrollar un CDC-NdC específico (Acevedo, 2009b; Lederman, 2007).

Un modelo del CDC-NdC es el de Schwartz y Lederman (2002), que implica la plena integración entre los conocimientos del profesor sobre la NdC, el contenido científico del tema y la didáctica necesaria para enseñar NdC de manera eficaz en un contexto determinado. Kim *et al.* (2005) sugieren que dicho modelo se adapta mejor a la formación de los profesores principiantes o más inexpertos porque, en general, suelen tener los tres componentes del CDC-NdC organizados de un modo más aislado que los profesores con más experiencia.

Hasta ahora, los estudios de caso realizados sobre la implementación de la enseñanza de las ciencias han confirmado la influencia de los tres elementos citados, aunque ninguno de ellos es útil para tal fin si se considera aislado de los demás. 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 conocimiento adecuado de los temas científicos también es necesario, pero tampoco es suficiente. En cambio, 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 una enseñanza eficaz de la NdC; eso sí, siempre que se tenga el suficiente conocimiento didáctico general y específico para su implementación.

Concluiré esta sección destacando que hay más de un ejemplo en la bibliografía que ilustra cómo ciertos temas de la asignatura influyen en la organización del CDC de un profesor (véase, p.ej., Gess-Newsome y Lederman, 1999). Puesto que el contenido de la NdC se presenta en el aula muchas veces integrado en diferentes temas de ciencias, podría ser que la enseñanza de éstos influyera en las creencias de los profesores sobre

la NdC y su enseñanza. Por lo tanto, sería muy importante conocer cómo se ven afectadas las creencias del profesorado sobre la NdC cuando ésta se traslada al aula integrada con diferentes contenidos de ciencias. Por desgracia, este asunto apenas ha sido tratado en la investigación hasta ahora y se sabe bastante poco sobre cómo se relaciona el CDC-NdC con el conocimiento de los demás temas de ciencias. Creo que el estudio de esta cuestión podría ser una línea de trabajo bastante fecunda para los investigadores en activo, con el fin de llegar a conocer mejor la construcción del CDC-NdC del profesorado de ciencias.

CONTEXTOS ÚTILES PARA LA ENSEÑANZA DE LA NdC

No es suficiente con que los profesores de ciencias tengan una comprensión adecuada de determinados aspectos de la NdC para que puedan enseñarla. Una enseñanza de la NdC más eficaz requiere que el profesorado se sienta cómodo con el discurso sobre la NdC, crea en su capacidad para enseñarla y desee hacerlo, aspectos que conectan con la dimensión afectiva del CDC incluida en el modelo de Park y Oliver (2008). Además, los profesores necesitan disponer de conocimiento sobre las distintas maneras de representar diferentes aspectos de la NdC, para adaptarlos a los diversos intereses y capacidades de los alumnos. Para ello, se han sugerido algunos contextos útiles para la enseñanza de la NdC en la bibliografía sobre el tema. Entre los principales contextos citaré los siguientes:

- (i) Actividades de indagación científica e investigaciones científicas auténticas.
- (ii) Asuntos tecno-científicos controvertidos con interés social y cuestiones socio-científicas de la construcción del conocimiento científico.
- (iii) Ejemplos y episodios históricos simplificados de la práctica científica que ilustren las principales características de la NdC. Es conveniente que estos casos históricos no se extraigan sólo de la ciencia académica, sino también de lo que Ziman (1998, 2003) denominó ciencia post-académica (ciencia industrial, macro-ciencia y tecno-ciencia).

Así pues, el CDC-NdC tendrá que incluir, entre otras muchas cosas, conocimiento de ejemplos variados, actividades de indagación, asuntos tecno-científicos controvertidos de interés social, diversas demostraciones y explicaciones, así como episodios históricos que sirvan para ilustrar la NdC. Todos estos elementos son clave para que los profesores puedan planificar, organizar y presentar el tema de ciencias con el objetivo de conseguir una enseñanza de la NdC más accesible a los estudiantes. Pero, para ello, es imprescindible que el profesorado también adquiera ciertos conocimientos didácticos específicos. Entre ellos, planificar actividades de indagación científica 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, en los que se promueva la argumentación dialógica, y ser capaz de contextualizar la enseñanza de la NdC con ejemplos apropiados y pequeñas narraciones de historia y filosofía de la ciencia y la tecno-ciencia. Como es obvio, todo este conocimiento base va mucho más allá de la necesidad simple de que los profesores de ciencias tengan un conocimiento adecuado y actualizado de la NdC.

ENFOQUE EXPLÍCITO Y REFLEXIVO PARA LA ENSEÑANZA DE LA NdC

Lo que he señalado en la sección anterior es mucho, pero aún es insuficiente. Aunque existan relaciones en la enseñanza de las ciencias entre NdC, historia y filosofía de la ciencia, indagación científica y cuestiones socio-científicas o asuntos tecno-científicos con interés social, la investigación ha mostrado con reiteración que la enseñanza de la NdC suele resultar poco eficaz si no se utiliza un enfoque explícito y reflexivo, por muy fructíferos que puedan ser los contextos de aprendizaje utilizados (Acevedo, 2009c). Entre otros motivos, la necesidad de un enfoque reflexivo se justifica porque la NdC es en gran parte meta-conocimiento (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009).

La utilización de un enfoque explícito y reflexivo para la enseñanza de la NdC implica que determinados aspectos de la NdC se planifiquen y aborden de manera intencional y explícita en contextos diversos, los cuales son una parte integral de este enfoque. Contextos como la historia y la filosofía de la ciencia, las cuestiones tecno-científicas controvertidas y los trabajos de laboratorio o de cualquier otro tipo práctico, mediante una enseñanza basada en la indagación. Los estudiantes habrán de reflexionar meta-cognitivamente sobre lo que hacen e implicarse mediante la argumentación dialógica en debates relacionados con diversos aspectos de la NdC. Por ejemplo, deberán discutir hipótesis y supuestos inherentes a una determinada investigación científica, así como las implicaciones que esas hipótesis y supuestos tienen para los resultados que puede producir esa investigación. También deberán debatir sobre la ciencia como una forma de actividad humana influida por la cultura, la política y la sociedad, así como sobre las implicaciones sociales del conocimiento que produce. Este nivel de reflexión sobre la ciencia y el conocimiento científico puede permitir a los estudiantes alcanzar los objetivos previstos en las reformas actuales de la enseñanza de las ciencias de muchos países del mundo. 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 planteados.

En resumen, 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 contextos 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 han de implicar en el aula, así como la reflexión sobre esas actividades dentro de un esquema conceptual que abarque los aspectos de la NdC seleccionados.

Por último, conviene no olvidar que, si los profesores han de enseñar la NdC de un modo explícito y reflexivo, deberán ser formados de la misma manera; esto es, es imprescindible hacer un tratamiento explícito y reflexivo de los contenidos de NdC en los programas de formación del profesorado de ciencias.

RESUMEN DEL CONOCIMIENTO BASE INCLUIDO EN EL CDC-NdC

Sintetizaré lo expuesto señalando que el CDC-NdC de un profesor de ciencias deberá incluir, al menos, conocimiento de:

- (i) Las principales características de la NdC actual.

- (ii) Confianza en su capacidad para enseñar la NdC en el aula e interés en hacerlo.
 - (iii) Contenidos científicos importantes, su desarrollo histórico y su base empírica.
 - (iv) Asuntos socio-científicos y tecno-científicos controvertidos con interés social.
 - (v) Procedimientos de indagación científica en la escuela.
 - (vi) Elementos de didáctica general necesarios para organizar y dirigir debates entre el alumnado que promuevan la argumentación dialógica.
 - (vii) Elementos de didáctica específica sobre la NdC para hacer conexiones entre ésta y la estructura conceptual de los temas científicos.
 - (viii) Materiales y recursos didácticos para implementar adecuadamente en el aula una enseñanza explícita y reflexiva sobre la NdC.
- A los que añadiré ahora el necesario conocimiento de:
- (ix) Métodos y ejemplos de evaluación del aprendizaje de la NdC.

SUGERENCIAS FINALES

La implementación eficaz de la NdC en la enseñanza de las ciencias no es un proceso sencillo. Los impedimentos, obstáculos y dificultades para llevar a cabo una enseñanza de la NdC con calidad son muchos (Acevedo, 2009b), pero no los he tratado aquí. Me ha parecido más conveniente centrarme en los principales aspectos del CDC-NdC que un profesor de ciencias debería desarrollar con profesionalidad. A ellos tendrán que prestar atención preferente los que se ocupan de su formación.

El desarrollo del CDC suele ser el resultado de una experiencia amplia en la enseñanza de un tema o contenido determinado. Ahora bien, una experiencia docente dilatada no garantiza, en absoluto, una articulación más correcta de los componentes del CDC de un tema, como el de la NdC en este caso. Experiencia no es necesariamente sinónimo de pericia. Es imprescindible definir, describir y analizar buenas prácticas docentes sobre 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 es necesario investigar más en torno a experiencias y prácticas docentes del profesorado relativas a la NdC, con el objetivo de ayudar a los profesores de ciencias a percibir la NdC en los contenidos científicos e intentar mejorar así su enseñanza. Amén.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. y AKERSON, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2161-2184.
- ACEVEDO, J. A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16. Hay disponible una versión digital en la *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo18.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2007). 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. (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. (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, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- 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, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- 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, <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., VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, P. y MANASSERO, M. A. (2002). Un estudio sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria y universidad. *Tarbiya*, 30, 5-27. Hay disponible una versión digital en la *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo15.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2002). Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 1-27, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- AKERSON, V. L., MORRISON, J. A. y McDUFFIE, A. R. (2006). One course is not enough: preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- 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).
- 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. (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.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006*. Paris: 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.
- 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.
- 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.
- VILDÓSOLA, X. (2009). *Las actitudes de profesores y estudiantes, y la influencia de factores de aula en la transmisión de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza secundaria*. Tesis de doctorado. Universidad de Barcelona, Facultad de Formación del Profesorado, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática.
- 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.

SCIENCE TEACHERS TRAINING AND NATURE OF SCIENCE TEACHING

SUMMARY

The teacher training for effective implementation of teaching of the nature of science (NOS) is a key issue in the current science education. In this paper, we expose the main components of Pedagogical Content Knowledge (PCK) for NOS, as knowledge base that a professor of science has to get in their professional development. We propose an integrative PCK-NOS model, several contexts to display the NOS in the classroom, and the use of an explicit & reflective approach. The science teachers training must pay attention to the pointed aspects, and the science education should investigate them.

Key words: *Science teachers training; Pedagogical Content Knowledge; nature of science; explicit & reflexive approach.*