

CONCEPCIONES DEL PROFESORADO EN FORMACIÓN SOBRE NATURALEZA DE LA CIENCIA

Conceptions of the teacher in training about the nature of science

NAIRA DÍAZ MORENO

Profesora Contratada de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Universidad de Almería

nairadia@ual.es

BEATRIZ CRUJEIRAS PÉREZ

Profesora Contratada de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Universidad de Santiago de Compostela

beatriz.crujeiras@usc.es

Resumen

En este artículo se examinan las ideas sobre naturaleza de la ciencia que presentan dos grupos de profesorado en formación: 59 futuros maestros de educación infantil y 16 futuros profesores de educación secundaria cursando un módulo que aborda cómo introducir la naturaleza de la ciencia en el aula. Las concepciones de los participantes se examinan a través de un cuestionario que incluye 22 afirmaciones, y para las que deben evaluar su veracidad utilizando una escala Likert de cinco niveles. Las respuestas al cuestionario se examinan por separado para cada grupo de profesorado. Para el análisis se agrupan los ítems del cuestionario en función de los aspectos generales sobre NDC a abordar en el contexto educativo y se examinan los porcentajes de respuestas correctas e incorrectas proporcionadas por cada grupo de participantes. Los resultados generales muestran ciertas concepciones alternativas, especialmente las relacionadas con la creatividad y la subjetividad de la ciencia en ambos grupos, considerando en porcentajes elevados que los científicos siguen siempre el mismo método paso por paso o que las nuevas hipótesis no se basan generalmente en pruebas.

Palabras clave: NDC, educación secundaria, educación infantil, formación de profesorado.

Abstract

In this work, we discuss the design and implementation of a modelling activity in geology to promote the conceptual change of two common ideas among students: the oversizing of the earth's crust and the origin of the magma. First, we examine the initial ideas presented by 53 10th grade students. Second, based on these ideas, we design a modelling activity to address them, and third, we examine how these ideas have been modified from the beginning to the end of the activity. The results show that while both ideas are present at the beginning of the activity, it has been useful for banishing the idea of the oversizing of the terrestrial crust, since at the

end of the activity all the students recognize that it is thinner than the rest of the layers. However, the activity has not been enough to discard the idea that magma comes directly from the core of the earth, still present in the majority of students. In this paper we examine pre-service teachers' conceptions about nature of Science (NOS), in particular the participants are two groups of 59 pre-service kindergarten teachers and 16 pre-service secondary teachers attending a course about enacting nature of science in the classroom. Participants' conceptions are examined by means of a questionnaire containing 22 assertions to be evaluated in terms of a Likert scale composed by five levels. The responses to the questionnaire are examined separately for each group of pre-service teachers. For the analysis the items are organised according to the general aspects of NOS to be addressed in educational contexts. Then we examine the percentages of correct and incorrect responses provided by each group. The general results point to several misconceptions, especially related to creativity and subjectivity of Science in both groups, considering that scientists always follow the same method step by step, or that new hypotheses are not generally based on evidence.

Keywords: NOS, secondary education, kindergarten education, pre-service teacher.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo examina las ideas sobre naturaleza de la ciencia (NDC) de profesorado en formación. El estudio forma parte de un proyecto más amplio en el que se aborda cómo introducir la NDC en las aulas con el fin último de buscar mejoras para introducir la NDC en la educación científica siendo clave para ello la formación que se le da al profesorado (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016), constituyendo el análisis de las ideas previas el punto de partida del estudio.

La naturaleza de la ciencia es un constructo utilizado en didáctica de las ciencias que recoge aspectos como: qué es y qué no es ciencia, cómo se trabaja en ciencias y cómo lo hacen los científicos, las bases ontológicas y epistemológicas de la ciencia y cómo la ciencia y la sociedad están interconectadas (Clough, 2006).

Existe un amplio consenso en que el profesorado efectivo es un factor clave para el aprendizaje del alumnado. El profesorado no solo debe comprender los contenidos de las asignaturas y su pedagogía, sino que debe ser capaz de transformar dichos conocimientos en su práctica docente de forma que los estudiantes puedan desarrollar nuevas ideas (Shulman, 1986). En ciencias, las asignaturas incluyen conocimiento sobre NDC, por tanto para enseñar ciencias es necesario tener conocimiento tanto sobre los contenidos científicos como sobre las estrategias más adecuadas para enseñar dichos contenidos.

Según Taber (2017) enseñar sobre NDC es esencial para una educación científica que pretende preparar futuros científicos, miembros de una sociedad culturizada y ciudadanos bien documentados. Aunque desde la literatura se promueve la inclusión de la NDC en los currícula, no es una

labor sencilla, lo que hace que en algunos países todavía no estén bien reflejados los contenidos sobre NDC (Taber, 2017).

En España, la inclusión de estas cuestiones en los currícula, tanto de forma explícita como implícita, justifica la necesidad de formar a los docentes en este tema. Así el currículo español de educación infantil regulado mediante la orden ECI/3960/2007 (MEC, 2008) sitúa esta etapa con identidad propia como aquella que está orientada a dar los primeros pasos en la adquisición de competencias. Si bien el currículo no hace una alusión específica al estudio de la naturaleza de la ciencia si que establece un primer contacto con ella señalando el conocimiento del entorno como uno de los objetos de estudio para el alumnado de entre 0 y 6 años haciendo además hincapié en el uso de la indagación como metodología para estudiar el medio físico y natural. A través de estas experiencias indagatorias los niños comienzan a descubrir el entorno que les rodea puesto que es momento perfecto para iniciarlos en el aprendizaje de la ciencia dado que el medio natural es el objeto preferente de la curiosidad e interés infantil.

Podemos decir por tanto que estos primeros años escolares se caracterizan por su gran importancia para empezar a trabajar las ciencias con la finalidad de que el alumnado se familiarice con ella y empiece a formular sus primeras hipótesis, siguiendo así las recomendaciones del último informe Pisa (OCDE, 2016) donde se destaca la importancia de la exposición temprana del alumnado a una enseñanza científica para despertar en ellos un interés por la ciencia. A este nivel consideramos esencial formar al profesorado para trabajar la ciencia y su naturaleza desde un enfoque holístico que les permita más adelante guiar a su alumnado en sus primeras experiencias indagatorias.

En los currícula de Educación Primaria y Secundaria sí se incluyen aspectos sobre naturaleza de la ciencia de forma explícita. En Educación Primaria (MECD, 2014a) el currículo hace hincapié en la necesidad de proporcionar a los estudiantes las bases de una formación científica que les ayude a desarrollar las competencias necesarias para desenvolverse en una realidad cambiante cada vez más científica y tecnológica. Por ello en esta etapa educativa se inicia a los estudiantes en el desarrollo de las principales estrategias de la metodología científica, tales como la capacidad para formular preguntas e hipótesis, planificar y realizar actividades, recoger información y analizarla, etc.

En Educación Secundaria (MECD, 2014b), los estudiantes deben desarrollar las destrezas necesarias para trabajar de forma científica. Tanto en biología y geología como en física y química los estudiantes deben utilizar la metodología científica para investigar sobre cuestiones de la vida cotidiana. También se aborda la relación de los principios en vigor con la evolución histórica del conocimiento científico, estableciendo la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Por tanto el profesorado, independientemente del nivel educativo en el que imparta docencia, debe formarse en la introducción de la naturaleza

de la ciencia en el aula, tanto sobre conocimiento concreto como sobre las estrategias docentes para introducir dicho aspecto en el aula.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Desde la consideración de la alfabetización científica como uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias (European Commission, 2012; OECD, 2006; 2013), abordar cuestiones sobre naturaleza de la ciencia en el aula se considera de especial relevancia. En este sentido trabajar sobre NDC en el aula es beneficioso para el alumnado ya que ayuda a comprender los procesos de la ciencia, tomar decisiones fundamentadas sobre cuestiones sociocientíficas, apreciar la ciencia como elemento esencial de la cultura, a tener mayor conciencia sobre las normas de la comunidad científica y a aprender contenidos científicos en mayor profundidad (Driver, Leach, Millar y Scott; 1996).

Autores como Aikenhead y Ryan (1992) o Hogan (2000) señalan como objetivos fundamentales en el aprendizaje de la NDC los siguientes: comprender la naturaleza, producción y validación del conocimiento científico; y conocer los procesos de la ciencia. Cuando se aborda el estudio de la NDC en la formación de profesorado hay dos cuestiones que, según Erduran y Dagher (2014), se consideran como las más relevantes: el significado de NDC y las ideas sobre NDC que deben enseñarse y aprenderse. Dentro del contexto español García-Carmona, Vázquez y Manassero (2012) hacen referencia a la búsqueda hacia la mejor forma de enseñar NDC puesto que la comprensión de los estudiantes continúa siendo poco precisa e inadecuada.

Entre las cuestiones que se persiguen desde la formación inicial del profesorado se encuentran el reconocer que el aprendizaje de este tema es relevante para el conocimiento del alumnado, conocer las distintas estrategias para introducir esta cuestión en el aula o comprender que el alumnado aprende sobre NDC cuando se le dan oportunidades (variadas) para reflexionar sobre ello.

Como señala Taber (2017), la Ciencia comprende un área muy amplia de disciplinas por tanto no es sencillo conocer los aspectos comunes a todas las disciplinas. Esto lleva a que no siempre haya un consenso sobre cómo representar de la mejor forma la NDC en el aula. A pesar del disenso, sí hay consenso sobre las características principales de la NDC que deben trasladarse al contexto educativo. Entre los aspectos que han sido identificados por distintos autores (e.g. Khishfe y Lederman, 2006; Lederman, 2007; Niaz, 2009) se encuentran los siguientes:

- Provisionalidad: El conocimiento científico puede modificarse en base a nuevas pruebas o a la reconceptualización de pruebas anteriores
- Base empírica: El conocimiento científico se basa o deriva de observaciones del mundo físico. No existe un único método científico sino que existen ciertas características comunes en las distintas metodologías utilizadas para obtener conocimiento científico.

- Subjetividad: La ciencia está influenciada y dirigida por las teorías científicas y leyes aceptadas.
- Creatividad: El conocimiento científico se crea a partir de imaginaciones humanas y razonamiento lógico.
- Inserción sociocultural: Los contextos social y cultural desempeñan un papel importante en el avance del conocimiento científico.
- Distinción sobre observaciones e inferencias: La ciencia se basa en observaciones e inferencias. Las observaciones se comparten a través de los sentidos humanos o extensiones de los sentidos. Las inferencias son interpretaciones de las observaciones.
- Funciones y relaciones entre las teorías científicas y las leyes: Las teorías y las leyes son distintas formas de conocimiento científico. Las leyes describen las relaciones, observadas o percibidas de fenómenos. Mientras que las teorías son explicaciones inferidas para los fenómenos naturales y mecanismos entre los fenómenos naturales.

Estos aspectos se toman como base para evaluar las concepciones sobre NDC de los participantes en nuestro estudio.

Estudios recientes como el de Kampourakis (2016) señalan las dificultades que encuentra el profesorado a la hora de introducir la NDC en el aula. Uno de los aspectos que dificultan este proceso son las concepciones alternativas que poseen los estudiantes sobre NDC. Por tanto, como señala Clough (2006) la enseñanza de NDC implica un proceso de cambio conceptual y para conseguir dicho cambio es necesario identificar las concepciones de los estudiantes para mejorar la comprensión de los aspectos más relevantes (Kampourakis, 2016).

Numerosos estudios señalan que el alumnado posee concepciones poco adecuadas sobre NDC (e.g. Herman, Clough y Olson, 2013; Khishfe y Lederman, 2006) entre las que se encuentran el conocimiento limitado sobre el papel de la creatividad en la ciencia (Lederman, 1992) o sobre la naturaleza provisional del conocimiento científico, atribuida solamente a la falta de datos (Bell, Blair, Crawford y Lederman, 2003). Estas ideas alternativas se encuentran también en profesorado en formación, por ejemplo Abd-El-Khalick (2005) identifica dificultades para comprender el carácter tentativo del conocimiento científico.

Como señalan Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016), el contexto educativo español no es comparable con otros escenarios internacionales como el estadounidense o el caso de Nueva Zelanda donde se han llevado a cabo potentes propuestas curriculares sobre NDC así como su promoción en programas de formación del profesorado. No obstante y como resumen estos autores sí que se han implementado a nivel nacional instrumentos de evaluación de aspectos de la NDC desde la perspectiva CTS en estudiantes y profesores (en formación inicial y en ejercicio) de todos los niveles educativos: primaria, secundaria y universidad (e.g., Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002).

En este trabajo examinamos las concepciones del profesorado en formación sobre NDC y se discuten las implicaciones de las mismas para la formación de profesorado.

3. METODOLOGÍA

Participantes y contexto

Los participantes son profesorado en formación de educación infantil (N=59) y de educación secundaria (N=16) cursando un módulo sobre didáctica de las ciencias experimentales en dos universidades españolas. En ambos grupos se aborda la formación sobre NDC de la misma forma trabajando cuestiones similares pero adaptadas a la etapa educativa correspondiente.

Toma de datos: el cuestionario

Para la obtención de los datos relativos a las concepciones de los participantes sobre NDC se utiliza un cuestionario adaptado del de Lombrozo, Thankous y Weisburg (2000) que incluye 22 afirmaciones. Para conocer las percepciones de los participantes sobre cada afirmación se utiliza una escala de Likert de cinco niveles cuyo significado es el siguiente:

1=Totalmente en desacuerdo; 2= En desacuerdo; 3= Ni acuerdo ni desacuerdo; 4= De acuerdo; 5= Totalmente de acuerdo.

Los ítems que constituyen el cuestionario se organizan en base a cinco de los siete aspectos generales de la naturaleza de la ciencia que se trasladan al contexto educativo (Kifshe y Lederman, 2006; Lederman, 2007; Niaz, 2009) que se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Relación entre los ítems y los aspectos generales sobre NDC.

Aspecto	ítems
Provisionalidad	3-4,17-18
Base empírica	1-2, 19-20
Subjetividad	13-14
Creatividad	5-6, 15-16, 21-22
Inserción sociocultural	7-8, 9-10, 11-12

Herramientas de análisis

Para el análisis se codifican las afirmaciones del cuestionario como verdaderas o falsas (respuestas de referencia). A continuación se examinan las respuestas de los participantes al cuestionario en base a la respuesta de referencia, codificando cada afirmación de la siguiente forma: Las afirmaciones a las que los participantes asignan valores de 4 ó 5 puntos en la escala Likert se codifican como que las consideran verdaderas y aquéllas a las que les asignan valores de 1 ó 2 puntos se codifican como que las consideran falsas. Las afirmaciones valoradas con 3 no se codifican porque no se han identificado en las respuestas de los participantes.

Una vez codificadas las respuestas de los participantes se comparan con las respuestas de referencia, que se recogen en el anexo.

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LAS CONCEPCIONES INICIALES SOBRE NDC DEL PROFESORADO EN FORMACIÓN

En este apartado se examinan las respuestas de los estudiantes agrupadas en base a las siete categorías de NDC. El análisis se centra en aquéllos ítems para los cuáles se proporciona un número elevado de respuestas incorrectas.

Los resultados se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Respuestas de los participantes al cuestionario. Leyenda: C=respuestas correctas; I= respuestas incorrectas; S= sin respuesta.

Aspecto	Ítem	Infantil			Secundaria	
		%C	%I	%S	%C	%I
Provisionalidad	I3	94,9	5,1	0	81,2	18,7
	I4	1,69	91,5	6,8	75	25,0
	I17	71,2	16,9	11,9	87,5	12,5
	I18	59,3	22,0	18,6	18,7	81,2
Base empírica	I1	89,8	1,7	8,5	68,7	31,2
	I2	55,9	28,8	15,3	93,7	6,2
	I19	55,9	16,9	27,1	31,2	68,7
	I20	77,9	6,8	15,3	75	25
Subjetividad	I5	32,2	49,2	18,6	43,7	56,2
	I6	86,4	5,1	8,5	87,5	12,5
	I13	38,9	32,2	28,8	81,2	18,7
	I14	42,4	25,4	32,2	75	25
Creatividad	I15	32,2	49,2	18,6	43,7	56,2
	I16	86,4	5,1	8,5	87,5	12,5
	I21	79,6	6,8	13,6	68,7	31,3
	I22	44,1	32,2	23,7	81,2	18,8
Inserción sociocultural	I7	81,3	5,1	13,6	75	25
	I8	76,3	15,3	8,5	93,7	6,2
	I9	44,1	1,7	54,2	93,7	6,2
	I10	83,0	5,1	11,9	93,7	6,2
	I11	84,7	5,1	10,2	100	0
	I12	55,9	10,2	33,9	75	25

Como se resume en la tabla 2, de los siete aspectos de NDC que se consideran necesarios en el contexto educativo, el cuestionario se centra en cinco, ya que la distinción entre observaciones e inferencias o las funciones y relaciones entre las teorías científicas y las leyes no se recogen en el cuestionario. A nivel general existen similitudes entre ambos grupos de participantes en el tipo de cuestiones para las que proporcionan bajos porcentajes de respuestas correctas, pero también diferencias en los resultados relativos a las cuestiones incorrectas. Además en el caso de los maestros de educación infantil en formación se

identifica ausencia de respuestas en todos los ítems del cuestionario, cuestión no identificada en el profesorado de secundaria. Esto es especialmente relevante en los ítems correspondientes a los aspectos de creatividad e inserción sociocultural, en los que se identifican ítems con porcentajes de ausencia de respuesta superiores al 30%.

A continuación se describen los resultados por separado para cada aspecto de NDC.

Provisionalidad

Sobre este aspecto se incluyen cuatro ítems en el cuestionario que se centran los siguientes temas: Las teorías e hipótesis científicas pueden modificarse a lo largo del tiempo (I3, I4); La ciencia es un proceso en desarrollo constante (I17, I18). En ambos grupos de profesorado en formación se identifican elevados porcentajes de respuestas correctas, excepto para el ítem 4 en el caso de los maestros de infantil que 91,5% consideran la afirmación "Los procesos de la ciencia permiten a los científicos comprobar o refutar de forma definitiva hipótesis y/o teorías" como verdadera ya que le otorgan un valor de entre 4 y 5 en la escala Likert. Respecto al profesorado de secundaria, el ítem para el cual proporcionan un porcentaje elevado de respuestas incorrectas es el 18, ya que el 81,2% consideran como verdadera la afirmación "Las investigaciones científicas generalmente llegan a un final permitiendo que la ciencia avance hacia una nueva cuestión".

Base empírica

Este aspecto se aborda a través de cuatro ítems relacionados con: el conocimiento científico es construido, no deriva de la naturaleza (I1, I2) y la experimentación científica es importante para la ciencia pero puede realizarse de distintas maneras (I19, I20). En estos temas se identifican elevados porcentajes de respuestas correctas en ambos grupos, especialmente en el de los maestros ya que más del 50% proporciona respuestas adecuadas para los cuatro ítems. En cuanto al profesorado de secundaria, las concepciones también son adecuadas excepto para el ítem 19, ya que el 68,7% considera como verdadero que "Los experimentos de laboratorio son el método principal para construir el conocimiento científico". Pensamos que este resultado puede estar influenciado por la experiencia científica previa de los participantes, ya que la mayoría habían trabajado en laboratorios de investigación previamente.

Subjetividad

Este aspecto se examina a través de cuatro ítems que abordan las siguientes cuestiones: las teorías e hipótesis aceptadas están bien justificadas, son explicaciones científicas precisas y fiables sin conjeturas (I5, I6), la ciencia se caracteriza por la lógica, objetividad, imaginación y creatividad (I13, I14). Para estos aspectos, se identifican bajos porcentajes de respuestas correctas en tres de los cuatro ítems (I5, I13, I14) en los maestros y en un solo ítem (I5) en el profesorado de

secundaria. En este caso llama especialmente la atención que ambos grupos interpreten erróneamente el ítem 5, considerando como falsa la siguiente afirmación "Generalmente las nuevas hipótesis también se basan en pruebas" en porcentajes elevados (49,2% y 56,2% en infantil y secundaria respectivamente, además del 18,6% que no responde en infantil). Esta concepción errónea puede deberse a la falta de familiarización de los participantes con el uso de pruebas científicas, cuestión que presenta serias dificultades tanto en alumnado de secundaria como universitario (Bravo, Puig y Jiménez Aleixandre, 2009).

Creatividad

Este aspecto se evalúa a través de cuatro ítems que examinan: los procesos de la ciencia son complejos y no lineales (I15, I16) y la ciencia tiene límites (I21, I22). Para estos aspectos, se identifican bajos porcentajes de respuestas correctas en dos de los cuatro ítems para ambos grupos de participantes: I15 e I21 en los maestros y para el profesorado de secundaria I15 e I22. Al igual que para el caso de la subjetividad, ambos grupos interpretan de forma incorrecta la afirmación del I15, considerando como verdadero que "Los científicos siempre siguen el mismo método científico paso por paso" en los mismos porcentajes los indicados en el I5 en el aspecto subjetividad. Esta concepción puede deberse a la influencia del estudio del método científico en la educación secundaria y bachillerato como una serie de pasos establecidos para obtener nuevo conocimiento. Cuestión que todavía sigue abordándose de esta forma en los libros de texto.

Inserción sociocultural

Este aspecto se examina a través de seis ítems que tratan las siguientes cuestiones: los procesos de la ciencia están influenciados por factores sociales y culturales (I7, I8), la comunidad científica juega un papel importante en el progreso de la ciencia (I9, I10) y ciencia y sociedad están interconectadas (I11, I12). En cuanto a las concepciones de los participantes, se observan diferencias importantes en este aspecto. En el profesorado de secundaria se identifican porcentajes superiores al 75% de respuestas correctas en los seis ítems. Sin embargo en cuanto a los maestros se identifican porcentajes de respuesta bajos para dos de los seis ítems (I9 e I12). Además llama la atención que en estos ítems se identifica un número elevado de ausencias de respuesta (54,2% y 33,9 para I9 e I12 respectivamente). Esto puede deberse a la falta de familiarización con el lenguaje científico o a la falta de comprensión de las afirmaciones establecidas en los ítems debido al conocimiento científico limitado de los participantes.

En resumen, aunque existen diferencias entre los grupos, especialmente en la ausencia de respuestas a los ítems, no identificadas en el grupo de futuros docentes de secundaria, los ítems para los cuales ambos grupos presentan porcentajes elevados de respuestas incorrectas son similares, por lo tanto es necesario incidir más en los aspectos de subjetividad y creatividad en el aula cuando se aborda el tema de NDC.

5. CONCLUSIONES

En este artículo se examinan las concepciones sobre naturaleza de la ciencia de dos grupos de profesorado en formación de educación infantil y secundaria a través de un cuestionario. Conocer las concepciones de los participantes sobre NDC es importante ya que éstas influyen en la forma de introducir las ciencias en el aula (Lederman, 1992). Esto es especialmente relevante en la formación de profesorado ya que es necesario resaltar la importancia de introducir la enseñanza de NDC en el aula, cuestión que se pasa por alto en muchas aulas debido a que muchos docentes no lo consideran relevante (Herman, Clough y Olson, 2013). En este estudio se utilizan las concepciones erróneas de los participantes como punto de partida para reflexionar sobre la necesidad de trabajar sobre la NDC en el aula y la posterior realización de una secuencia de enseñanza y aprendizaje de la NDC. Esto es relevante ya que consideramos, al igual que Elby y Hammer (2001), que estos aspectos no se deben estudiar a través de cuestionarios sino desde la práctica. Por tanto el cuestionario, es solamente el punto de partida de un estudio más amplio.

A pesar de que los grupos de participantes presentan distinto nivel en cuanto a conocimiento científico, ambos reciben la misma formación sobre NDC. Esto conlleva que existan similitudes en las afirmaciones que presentan más problemas para los participantes, especialmente aquéllas relativas a los aspectos subjetividad y creatividad. Este resultado pone de manifiesto que no existe una relación directamente proporcional entre conocimiento científico y conocimiento sobre naturaleza de la ciencia.

Aún así el mayor o menor conocimiento científico puede utilizarse para justificar la existencia del número de ítems para los que no se proporcionan respuestas, cuestión solamente observada en los maestros de infantil en formación.

Algunas concepciones alternativas encontradas coinciden con las señaladas por otros autores, por ejemplo aquéllas relativas al papel de la creatividad en la Ciencia (Mackay, 1971, citado por Lederman 1992). Llama la atención que se sigan obteniendo resultados similares a estudios realizados 25 años atrás, lo que indica que a pesar de los numerosos estudios que se han realizado a lo largo de este tiempo y los esfuerzos para formar al profesorado sobre estas cuestiones, no se están trasladando de forma efectiva a las aulas. Esto sugiere la necesidad de promover de forma más efectiva la evaluación de las concepciones sobre NDC de los estudiantes inclusión de estos aspectos en las aulas, a todos los niveles. A raíz de los resultados obtenidos, nuestra propuesta de intervención (no analizada en este trabajo) está dirigida a la introducción de los siete aspectos de NDC a través de actividades de aula combinadas con la reflexión explícita sobre los aspectos trabajados en cada actividad. Aunque no es objeto de análisis de este artículo, en estudios posteriores hemos encontrado que a pesar de que existen algunos ítems en el cuestionario para los cuales se identifican porcentajes de respuestas correctas elevados, por ejemplo relativos a la provisionalidad de la ciencia o su carácter sociocultural, los participantes presentan dificultades para

identificar dichos aspectos en tareas de aula. Lo cual refuerza la idea señalada por García-Carmona et al. (2012) de la necesidad de trabajar estas ideas a través de tareas de enseñanza y aprendizaje de contenidos científicos y su posterior reflexión para que realmente se produzca un cambio en las concepciones acerca de la NDC.

6. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2002). El movimiento Ciencia Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. Sala de Lecturas CTS+I de la OEI.
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.
- Aikenhead, G. S., y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on Science– Technology–Society" (VOSTS). *Science Education*, 76, 477–491.
- 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.
- Bravo, B., Puig, B., y Jiménez Aleixandre, M. P. (2009). *Competencias en el uso de pruebas en argumentación*. Educación Química, 20(2),137-142.
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463 – 494.
- Driver, R., Leach., J., Millar, R., y Scott, P.(1996). Young people's imagines of science. Buckingham: Open University Press.
- Elby, A. y Hammer, D. (2001). *On the substance of a sophisticated epistemology*. *Science Education*, 85, 554–567.
- Erduran, S., y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Dordrecht: Springer.
- European Commission/EACEA/Eurydice (2012). Developing Key Competences at School in Europe: Challenges and Opportunities for Policy – 2011/12. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2012). Compresión de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 23 – 34.
- Herman, B. C., Clough, M. P., y Olson, J. K. (2013). Teachers' Nature of Science Implementation Practices 2–5 Years After Having Completed an Intensive Science Education Program. *Science Education*, 97, 271-309.

- Hogan, K., (2000). Exploring a Process View of Students' Knowledge about the Nature of Science. *Science Education*, 84, 51-70.
- Kampourakis, K. (2016). The "General Aspects" Conceptualization as a Pragmatic and Effective Means to Introducing *Students to Nature of Science*, *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667-682.
- Khisfe, R. y Lederman, N. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated, *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- 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. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lombrozo, T, Thankous, A y Weisburg, M.(2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1,290-298.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (2008). *Orden ECI/3960/2007, de 19 de diciembre, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la educación infantil. Boletín Oficial del Estado,5, 1016-1036.*
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte (MECD) (2014a). Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, 52, 19349-19420.
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte (MECD) (2014b). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, 3, 169-546.
- Niaz, M. (2009). *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: Dynamics of scientific progress*. Dordrecht, The Netherlands: Springer
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2016), PISA 2015 Results: Excellence and Equity in Education, OECD Publishing, Paris.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2013). PISA 2015 Draft Science Framework. OECD
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2006). Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006. Paris: Autor.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Taber, K. S. (2017). Reflecting the Nature of Science in Science Education. En K. S. Taber y B. Akpan (Eds.), *Science Education: an international course companion*, (pp.23-37). Rotterdam: Sense Publishers.

Anexo: Respuestas de referencia

Ítem	Codificación
1. El conocimiento científico se construye a través de un proceso complejo que depende, en parte, de observaciones de la naturaleza	Verdadero
2. Si una observación se realiza de forma adecuada su significado es claro y no está sujeto a interpretación	Falso
3. Las teorías científicas pueden modificarse debido a que los científicos reinterpretan las observaciones existentes	Verdadero
4. Los procesos de la ciencia permiten a los científicos comprobar o refutar de forma definitiva hipótesis y/o teorías	Falso
5. Generalmente las nuevas hipótesis también se basan en pruebas	Verdadero
6. Debido que son inherentemente tentativas, las teorías científicas e hipótesis aceptadas son poco fiables	Falso
7. Todas las culturas llevan a cabo la investigación científica de la misma forma, ya que la ciencia es universal e independiente de la sociedad y la cultura	Falso
8. La investigación científica no está influenciada por la sociedad y cultura porque los científicos son formados para llevar a cabo estudios puros y sin sesgos	Falso
9. Los procesos científicos implican un sistema de comprobaciones y compensaciones para asegurar que el trabajo es de calidad y que las pruebas se interpretan de forma objetiva	Verdadero
10. A diferencia de otras profesiones la ciencia es casi siempre una actividad solitaria	Falso
11. La ciencia tiene un impacto enorme en las sociedades modernas	Verdadero
12. La ciencia es pura, los científicos tratan de hacer su trabajo sin considerar sus aplicaciones potenciales	Falso
13. Los científicos no usan su imaginación y creatividad porque entran en conflicto con su razonamiento lógico	Falso
14. Los científicos no usan su imaginación y creatividad porque interfieren con la objetividad	Falso
15. Los científicos siempre siguen el mismo método científico paso por paso	Falso
16. Los estudios científicos conllevan sorpresas con frecuencia ya que influyen muchos factores en la dirección de la investigación	Verdadero

17. La ciencia es un proceso continuo de construcción de conocimiento fiable sobre el mundo natural	Verdadero
18. Las investigaciones científicas generalmente llegan a un final permitiendo que la ciencia avance hacia una nueva cuestión	Falso
19. Los experimentos de laboratorio son el método principal para construir el conocimiento científico	Falso
20. Generalmente una misma hipótesis o teoría se comprueba o se contrasta de varias formas	Verdadero
21. La ciencia puede denunciar decisiones relacionadas con la moralidad pero no puede realizar juicios morales directos sobre lo que está bien y lo que está mal	Verdadero
22. La ciencia podría rechazar la existencia de seres supernaturales como dios	Falso