

**Ideas de futuros profesores de secundaria
sobre la naturaleza de la ciencia para la elaboración
de criterios formativos en este ámbito**

**Ideias de futuros professores do ensino médio
sobre a natureza da ciência para a elaboração
de critérios de formação neste campo**

***Future High School Teachers' Conceptions
of the Nature of Science for the Elaboration
of Training Criteria in this Field***

Juan José Vicente, Natalia Jiménez-Tenorio y José María Oliva *

En este artículo se estudian las visiones sobre la naturaleza de la ciencia (NDC) en graduados en titulaciones de ciencias que ingresan en el máster en profesorado de educación secundaria de la Universidad de Cádiz (MAES), en las especialidades de física y química y de biología y geología. Para ello se emplea como instrumento de recogida de información un cuestionario abierto que incluye cuestiones referidas tanto a aspectos epistémicos como de la sociología de la ciencia. Este estudio forma parte de la fase de diagnóstico para el diseño y la implementación de una propuesta didáctica sobre NDC. Los resultados obtenidos son coincidentes con los de otros trabajos, y revelan que el alumnado mantiene una visión poco formada con respecto a los aspectos epistémicos de la NDC y visiones más eclécticas sobre sus aspectos sociológicos. No se obtuvieron diferencias significativas en función del género, aunque sí en determinados aspectos en función de la especialidad cursada (física y química vs. biología y geología).

95

Palabras clave: CTS; formación inicial del profesorado de secundaria; máster en profesorado de secundaria; naturaleza de la ciencia

* *Juan José Vicente*: profesor ayudante doctor, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz (UCA), España. Correo electrónico: juanjose.vicente@uca.es. *Natalia Jiménez-Tenorio*: profesora contratada doctora, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz (UCA), España. Correo electrónico: natalia.jimenez@uca.es. *José María Oliva*: catedrático de universidad, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz (UCA), España. Correo electrónico: josemaria.oliva@uca.es.

Este artigo estuda opiniões sobre a natureza da ciência (NDC) dos licenciados em ciências, que realizam o mestrado em ensino secundário da Universidade de Cádiz, nas áreas especiais de física e química e biologia e geologia. Um questionário aberto é utilizado para recolher informação, que inclui perguntas referentes tanto a aspectos epistémicos como à sociologia da ciência. Este estudo pertence à fase de diagnóstico de uma investigação de concepção e implementação de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre NDC. Os resultados concordam com os de outros estudos e mostram que os professores em formação têm opiniões desinformadas sobre os aspectos epistémicos da NDC e opiniões mais variadas e complexas sobre os aspectos sociológicos da NDC. Não foram encontradas diferenças significativas de acordo com o género, embora tenham sido obtidas diferenças significativas em certos aspectos de acordo com campos especiais realizados pelos estudantes (física e química vs. biologia e geologia).

Palavras-chave: CTS; formação inicial de professores do ensino secundário; mestrado em ensino secundário; natureza da ciência

This paper studies the views about the nature of science (NOS) sustained by science graduates who carry out the master in secondary education at the University of Cádiz, in the fields of physics and chemistry and biology and geology. The open-ended questionnaire that was used to collect information included questions referring to both epistemic aspects and aspects related to the sociology of science. This study belongs to the diagnostic phase for the design and implementation of a teaching-learning sequence research on NOS. The results, coincident with those of other studies, show that teachers in training have uninformed views about the epistemic aspects of NOS and more varied and complex views about its sociological aspects. Significant differences were not found according to gender, although significant differences were obtained in certain aspects according to the special fields carried out by the students (physics and chemistry vs. biology and geology).

96

Keywords: STS; teachers in training; master of secondary education; nature of science

Introducción

La naturaleza de la ciencia (en adelante NDC) es uno de los campos de estudio más emblemáticos del movimiento CTS (ciencia-tecnología-sociedad). De hecho, la enseñanza en el marco CTS se considera un elemento básico para alcanzar el objetivo primordial del movimiento en el campo de la educación, que no es otro que la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos (Acevedo-Díaz *et al.*, 2005). Así, por ejemplo, entre los temas más tratados en publicaciones como la del Boletín de la Asociación Iberoamericana CTS, se encuentra uno específico dedicado a la NDC, que aborda aspectos como los siguientes: “imagen de la ciencia”, “CTS y naturaleza de la ciencia”, “historia de la ciencia” y “pensamiento crítico y naturaleza de la ciencia”, entre otros (Oliva *et al.*, 2020). Tales descriptores definen bien algunas de las relaciones CTS-NDC más importantes.

En este contexto, el diagnóstico de las ideas del profesorado sobre la NDC es una de las líneas de investigación con mayor pujanza. Asimismo, desde la segunda década del siglo XXI han aumentado, en la bibliografía de habla hispana, los trabajos referidos tanto al diseño como a la experimentación de propuestas didácticas sobre NDC a pequeña escala; es decir, dirigidas de manera general a contenidos curriculares específicos en contextos educativos concretos (García-Carmona, 2021). Sin embargo, en el espacio iberoamericano escasean las investigaciones referidas al impacto del diseño y la experimentación de procesos formativos completos y específicos sobre NDC en la evolución de las visiones sobre NDC de los estudiantes. Ello, en contraste con lo que ocurre en sistemas educativos anglosajones, donde sí se pueden encontrar este tipo de trabajos referidos, por ejemplo, a cursos específicos de formación en NDC dirigidos a profesores en formación graduados y posgraduados (Kruse *et al.*, 2017), o a profesores en ejercicio (Edgerly *et al.*, 2021; Kartal *et al.*, 2018; Özer *et al.*, 2021).

97

Unas de las pocas excepciones en el ámbito iberoamericano de intervención a mayor escala son los estudios de Torres y Vasconcelos (2020) y de Pavez *et al.* (2016). En el primero se implementa y evalúa un programa de intervención sobre modelos científicos, modelización y NDC en la enseñanza de la ciencia, dirigido a futuros profesores de biología y geología que estaban cursando el primer año del máster en enseñanza de la biología y geología en una universidad del norte de Portugal. El segundo corresponde a un curso de formación para el profesorado de biología en ejercicio de la etapa de secundaria en Chile. En ambos casos se describe una evolución en las visiones sobre NDC de los estudiantes que participaron en los programas, aunque en el caso de los del máster persistían las dificultades iniciales para algunos de los aspectos de NDC, mientras que el profesorado de biología de Chile mostró problemas para planificar procesos de enseñanza sobre NDC.

El estudio presentado en este trabajo ha sido llevado a cabo en España, en el marco de la formación inicial del profesorado de ciencias en el máster en profesorado de educación secundaria (MAES). Pretende ser un avance en varias vertientes respecto a estudios anteriores reportados en la literatura en torno a concepciones de los profesores sobre la NDC. En primer lugar, el diagnóstico de las ideas sobre la NDC se realiza desde una perspectiva más integral, considerando no solo aspectos epistémicos, sino también los aspectos no epistémicos relacionados con la

sociología de la ciencia. Para ello, se han tenido en cuenta los principales consensos hallados en la bibliografía sobre aquellos aspectos de la NDC que son considerados aprendizajes deseables para la enseñanza de la ciencia y que se deberían incluir en el currículo de ciencias. En segundo lugar, mientras en la mayoría de casos se emplean cuestionarios cerrados tipo Likert, en éste se utiliza un cuestionario abierto y una rúbrica para evaluarlo, lo que posibilita la combinación de procedimientos cualitativos y cuantitativos de análisis de datos. En tercer lugar, se ha incluido un análisis comparativo de las visiones de la NDC del profesorado en formación en función del género y la especialidad que cursan en el MAES. Por último, el estudio no se limita solo al análisis diagnóstico de las concepciones sobre la NDC, sino que dicha información es la base para la identificación y selección de los principios de diseño de una secuencia didáctica para un módulo dedicado a la historia y NDC dentro del MAES de la mencionada universidad, cuyo impacto en la evolución de las visiones del alumnado está siendo analizado en estos momentos y se publicará en futuros trabajos.

1. Fundamentos teóricos y antecedentes

La NDC es un concepto sobre el que existen diferentes posiciones entre el profesorado y la comunidad científica preocupada por problemas epistemológicos y sociológicos (Vázquez *et al.*, 2001). En esta variedad de posiciones se pueden identificar dos posturas (Acevedo, 2008). Una de ellas identifica la NDC con los aspectos epistémicos de la ciencia, mientras que la otra considera que la NDC es un concepto que engloba además aspectos relativos a la sociología y psicología de la ciencia. De manera general, Acevedo y García-Carmona (2016) identifican la NDC con todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma particular de construcción de conocimiento sobre el mundo físico o natural, abriendo así paso al abordaje no solo de los factores racionales que rigen el trabajo científico, sino también a condicionantes modelados por las relaciones humanas, el contexto histórico, la cultura, la política y la personalidad de los científicos o los grupos de poder, entre otros.

A pesar de estas discrepancias, existe consenso en la didáctica de la ciencia a la hora de considerar la NDC como un conocimiento esencial en la enseñanza de la ciencia, y un pilar de la alfabetización científica-tecnológica. Sin embargo, a la hora de conceptualizar la NDC estas diferencias impiden que exista un acuerdo sobre qué aspectos de la NDC deberían enseñarse y cómo se podrían incluir en un currículo escolar de ciencia. Pero no ha impedido que se hayan realizado intentos para alcanzar acuerdos sobre la NDC en la enseñanza de las ciencias, que han sido revisados y discutidos por Vázquez y Manassero (2012). En estos intentos se aprecia una prevalencia de los aspectos epistemológicos referidos a la naturaleza del conocimiento científico, aunque en la actualidad los factores no epistémicos están recibiendo una creciente atención como objeto de enseñanza de la NDC (Aragón-Méndez *et al.*, 2019). A partir de estas propuestas se puede identificar una serie de referentes en torno a los aprendizajes esperados sobre NDC, los cuales pueden agruparse de la siguiente manera (Vicente *et al.*, 2022):

- *El papel de la observación y los datos*: el conocimiento científico se sostiene en gran parte en la observación y en el experimento, siendo esenciales la cuantificación, la medida y la lógica matemática (Hodson, 1986; Lederman, 2007; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *La investigación científica*: la lógica científica no maneja solo criterios de verificación, sino también de falsación, siendo ambos incompletos. El trabajo científico se entiende como un ciclo de preguntas y respuestas, que parte de conocimientos teóricos y pueden dar lugar a nuevas teorías (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Sobre la metodología científica*: no hay un método científico único, cada ciencia tiene sus peculiaridades. Existen formas de razonamiento científico distintas a la inducción y la deducción, como el pensamiento analógico o la creatividad (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *El conocimiento científico “leyes y teorías”*: las teorías son sistemas explicativos, mientras que las leyes establecen relaciones descriptivas entre variables. Los modelos son contextuales y son intermediarios entre la realidad y la teoría (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008).
- *El conocimiento científico “realidad vs. construcción”*: la teoría suele preceder y condicionar a la observación y experimentación; además suele tener un componente creativo (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Los cambios en las ciencias*: el conocimiento científico es provisional, evoluciona de manera acumulativa en periodos de ciencia normal, o sufre grandes cambios en periodos de revolución científica (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Lederman, 2007; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Objetividad en la ciencia*: la objetividad entendida como coherencia entre la teoría y la interpretación que se hace de las observaciones a partir de ella (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Limitaciones de la ciencia*: la infalibilidad de la ciencia es un mito; no sabemos hasta dónde puede llegar, ni si, mediante ella, es posible o no tener una comprensión completa del mundo (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; McComas, 2008).
- *La ciencia y el contexto social (sociología externa)*: las ideas científicas y el desarrollo de la ciencia están influenciadas por factores tanto personales como por el entorno histórico, cultural y político (Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003). Por ejemplo, hay que reconocer la dificultad de la mujer para el acceso a la ciencia.
- *La ciencia y su contexto histórico (sociología externa)*: la historia y naturaleza de la ciencia son parte de ésta y son necesarias para su adecuada comprensión (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Osborne *et al.*, 2003).
- *La ciencia y los científicos (sociología interna)*: la ciencia se construye dentro de una comunidad donde influyen factores como el liderazgo, el trabajo en equipo, pugnas entre grupos, entre otros (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Manassero *et al.*, 2001; Osborne *et al.*, 2003). Por ejemplo, es necesario reconocer el trato

desigual que ha tenido la mujer dentro de la ciencia, por falta de oportunidades y la invisibilización de la labor que ha desarrollado.

- *Relación ciencia-tecnología*: la ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas, sin ser lo mismo, ni ser una superior a otra (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008).

El diagnóstico de las ideas sobre NDC ha sido objeto de interés en la didáctica de las ciencias por décadas, lo cual ha propiciado revisiones periódicas del estado de la cuestión (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Cofré *et al.*, 2019; Deng *et al.*, 2011; García Carmona *et al.*, 2011, 2012; Lederman, 1992). Una conclusión común en estos trabajos es que tanto los estudiantes como profesores en formación y en ejercicio de distintos países no tienen una comprensión precisa sobre NDC. En este sentido, Lederman *et al.* (2002) y Fernández *et al.* (2002) identifican algunas creencias ingenuas o visiones deformadas de la ciencia y de la actividad científica, entre las que podemos citar: la importancia extrema que se da a la observación y a la experimentación (neutra y objetiva) en la construcción del conocimiento; la visión rígida de la metodología científica presentada como un método único con poco margen a creatividad y la imaginación; la concepción acumulativa del desarrollo científico; la relación jerárquica de las leyes y las teorías; y la visión descontextualizada de la actividad científica independiente de factores sociales, entre otras.

En este marco, el presente artículo pretende estudiar la incidencia de estas y otras creencias ingenuas en los estudiantes que inician el máster de profesorado, al objeto de elaborar principios de diseño útiles para una propuesta formativa orientada a facilitar una comprensión más ajustada sobre la NDC.

100

2. Contexto y preguntas de investigación

El trabajo desarrollado se inserta dentro de las enseñanzas del MAES implantado en la Universidad de Cádiz, España, desde 2009. Se trata de un título que habilita para el ejercicio de la profesión regulada de profesor o profesora de educación secundaria, compuesto por cuatro módulos: común, específico, transversal y de aplicación; con un total de 60 créditos a realizar adscrito a una especialidad en un curso académico. El máster consta de 11 especialidades distribuidas en cinco ámbitos, uno de los cuales dedicado a la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas.

El escenario de esta investigación se sitúa en dos de las especialidades del ámbito de ciencias y matemáticas, en concreto en las de física y química y de biología y geología. En la Universidad de Cádiz, los estudiantes de la primera especialidad suelen ser graduados en química, aunque puede haber algún graduado en física o ingeniería química, mientras que los de la segunda especialidad son graduados en biología, en ciencias ambientales y en ciencias del mar. Concretamente ubicamos el estudio en la asignatura de complementos de formación disciplinar de las materias del módulo específico, cuya carga académica es de seis créditos ECTS impartidos en el primer semestre (de octubre a enero) en paralelo a un bloque de asignaturas psicopedagógicas de corte generalista (12 créditos) y otra sobre didáctica específica

(12 créditos). Los propósitos de la asignatura son, entre otros, conocer la historia y los desarrollos recientes de las materias y sus perspectivas para poder transmitir una visión dinámica de las mismas. Para ello, se estructura en dos partes, una sobre actualización científica y otra sobre naturaleza e historia de la ciencia.

Este trabajo se incluye dentro de la fase preliminar de un estudio más amplio consistente en la elaboración, implementación y evaluación de una secuencia formativa en torno al estudio de la naturaleza e historia de la ciencia, que tiene entre sus objetivos didácticos que el alumnado comprenda tanto los procesos de construcción de la ciencia como los obstáculos de su desarrollado y que alcancen una visión formada de la ciencia. En esta fase, se explora cuáles son las visiones que mantienen los titulados de ciencias que cursan el MAES en las especialidades de física y química y de biología y geología al comenzar sus estudios de formación como profesores y profesoras de secundaria y bachillerato. En concreto, el estudio realizado se articula alrededor de las siguientes preguntas de investigación: i) ¿qué visiones sobre la NDC presentan los graduados que ingresan en el MAES?; ii) ¿existen diferencias en esas visiones en función del género?; y iii) ¿existen diferencias en función de la especialidad?

3. Diseño de investigación

3.1. Participantes

Este estudio fue llevado a cabo con la totalidad de los graduados que iniciaron sus estudios en el MAES de la Universidad de Cádiz en las especialidades de ciencias en el curso 2018/2019. La muestra estuvo integrada por 36 graduados, de los cuales, 18 (4 hombres y 14 mujeres) procedían de la especialidad de física y química (FyQ), y 18 (7 hombres y 11 mujeres) de la de biología y geología (ByG).

101

3.2. Instrumentos

Para la recogida de información, se diseñó un cuestionario abierto dirigido a explorar las visiones del alumnado sobre varios aspectos de la NDC. En su elaboración se tuvieron en cuenta la mayoría de las dimensiones de la NDC que han sido descritas anteriormente y sobre las que hay un importante acuerdo para considerarlas como aprendizajes deseables en nuestro alumnado. En el proceso de elaboración del cuestionario, éste fue sometido a la opinión de seis expertos (todos ellos investigadores con publicaciones en el ámbito de la NDC), resultado por el cual se añadieron y eliminaron preguntas y se modificó la redacción de algunas de ellas. Posteriormente, el cuestionario resultante se sometió a pilotaje con alumnado del grado en educación primaria de la Universidad de Cádiz, en concreto en la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I”. Este ensayo permitió constatar la comprensión de los enunciados de las preguntas por parte del alumnado y el tiempo de respuesta del mismo. El cuestionario definitivo consta de diez preguntas abiertas en el que los estudiantes deben argumentar sus visiones respecto a varios aspectos de la NDC. En la **Tabla 1** se presenta el cuestionario implementado y su relación con distintos descriptores.

Tabla 1. Instrumento de recogida de información para estudiar las visiones de los estudiantes y su relación con las dimensiones de la NDC

DESCRIPTORES NDC	PREGUNTA DEL CUESTIONARIO
La investigación científica. Sobre la metodología científica	1. A menudo suele emplearse la expresión “el método científico” para referirse a un proceso universal que sigue una secuencia de etapas para la construcción del conocimiento científico. Indica y ordena cuáles serían esas etapas, y explica si te parece o no adecuado hablar de “el método científico” para describir la forma en la que trabajan los científicos.
El conocimiento científico: leyes y teorías	2. ¿Qué diferencias encuentras entre los términos de ley y teoría?
El conocimiento científico: realidad vs. construcción	3. ¿Crees que el conocimiento científico proporciona una imagen real y verdadera del mundo físico y de la naturaleza? Justifica tu respuesta.
Los cambios en las ciencias	4. ¿Piensas que el conocimiento científico puede llegar a ser definitivo, o siempre puede cambiar con el tiempo? Justifica la respuesta y expresa ejemplos que lo aclaren.
Objetividad en la ciencia	5. ¿Crees que los científicos son objetivos e imparciales en sus investigaciones científicas? Argumenta tu respuesta.
Discrepancias y controversias científicas	6. ¿Por qué crees que los científicos pueden discrepar ante un asunto relativo a la ciencia? Propón ejemplos que aclaren esas razones.
La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel del trabajo colectivo	7. Expresa tus ideas sobre el papel de trabajo colectivo y social de los científicos en la evolución de la ciencia. Justifica tu respuesta.
La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel de la mujer en la ciencia	8. ¿Crees que la mujer ha tenido la misma presencia que los hombres en la historia de la ciencia? Indica posibles razones que justifiquen tu respuesta.
Relación ciencia-tecnología (sociología externa)	9. ¿Estás de acuerdo con la afirmación que considera que “la tecnología no es más que la aplicación de la ciencia”? Propón ejemplos que ilustren tu respuesta.
Participación ciudadana, control social de la ciencia y limitaciones de la ciencia (sociología externa)	10. Cuál es tu opinión sobre la afirmación siguiente: “Además de los científicos, todos los ciudadanos deben opinar y ocuparse de los problemas que tiene la humanidad relacionados con la ciencia y la tecnología: medioambientales, fuentes de energía, transgénicos...”. Razona tu respuesta.

Fuente: elaboración propia

3.3. Procedimiento de análisis

Para analizar la información obtenida, se elaboraron y validaron previamente rúbricas a través de un proceso de varias fases, en las que se combinaron procedimientos cuantitativos y cualitativos de análisis de datos. Se obtuvieron así nueve dimensiones de análisis, una para cada pregunta, excepto en el caso de las preguntas 5 y 6, las cuales arrojaron respuestas similares, en unos casos, y complementarias, en otros, lo que recomendaba que fueran analizadas conjuntamente. De ahí que en adelante hablemos de dimensiones y no de preguntas. Cada una de las dimensiones fue evaluada conjuntamente por dos jueces, quienes resolvieron sus dudas y discrepancias recurriendo a un tercero. En principio la rúbrica usada empleó escalas de cinco niveles: dos de ellos que recogían visiones ingenuas con distinto grado de elaboración, otros dos que representaban visiones formadas con mayor o menor grado de aproximación a visiones consideradas adecuadas desde el punto de vista de los consensos contemplados, y otro más que se correspondía con una posición intermedia o de transición. No obstante, un estudio cuantitativo realizado en paralelo, mediante técnicas basadas en el modelo de Rasch (Linacre, 2020), puso de manifiesto que nuestra capacidad de discriminación no alcanzaba más allá que a distinguir con rigor un máximo de tres niveles distintos, lo que aconsejó que se refundieran niveles, configurando así una rúbrica final con solo tres categorías (**Tabla 2**).

Tabla 2. Rúbrica elaborada para analizar el cuestionario

DIMENSIÓN NDC	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
1. La investigación científica. Sobre la metodología científica	Proceso rígido, que parte de la observación y la experimentación. Método único.	Se sigue aceptando una versión positivista del trabajo científico, aunque se duda ya de la idea de método único.	Se rechaza de forma explícita la idea de un método científico único y universal.
2. El conocimiento científico: leyes y teorías	La ley es una teoría demostrada.	Se rompe con la identificación de ley como teoría comprobada, pero no se articula una diferencia. Se confunden términos como explicar y describir, o el "porqué" y el "cómo".	Ley y teoría se diferencian. Se atribuye a las leyes una función descriptiva y a las teorías una explicativa.
3. El conocimiento científico: realidad vs. construcción	El conocimiento científico como reflejo de la realidad y algo verdadero.	El conocimiento científico es real y verdadero pero incompleto. Nos acercamos a la realidad con el tiempo.	El conocimiento se distancia de la realidad al considerarse el resultado de un proceso de construcción personal y social.

DIMENSIÓN NDC	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
4. Los cambios en las ciencias	La ciencia no evoluciona o evoluciona solo hasta cierto punto.	La ciencia evoluciona de manera lineal y acumulativa.	La ciencia nunca es definitiva. Evoluciona gradualmente y a través del descarte y ruptura de ideas que anteriormente eran aceptadas.
5. Objetividad en la ciencia. Discrepancias y controversias científicas	Objetividad absoluta / discrepancia entre científicos porque uno de ellos está equivocado.	La ciencia como algo teóricamente objetivo pero que a veces no lo es por la condición individual humana.	Se apunta hacia factores epistémicos, no epistémicos o ambos como causas de que la ciencia no sea totalmente objetiva y de las controversias científicas.
6. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel del trabajo colectivo	Negación / escepticismo o falta de argumentación sobre el papel del trabajo colectivo en la ciencia.	El trabajo colectivo se reduce a la idea de construcción de la ciencia como suma de aportaciones. Cada científico se apoya en el trabajo de los anteriores.	El trabajo colectivo implica reparto y complementariedad de esfuerzos: proyectos, grupos de investigación, publicaciones, congresos, debates, comunidad científica...).
7. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel de la mujer en la ciencia	Respuesta descriptiva sobre el escaso papel histórico de la mujer pero sin ningún argumento.	Discriminación social y psicológica de la mujer. Escaso efecto llamada por falta de referentes.	Además de la discriminación social y psicológica se habla de la invisibilización de la mujer y de discriminación durante la carrera científica.
8. Relación ciencia-tecnología (sociología externa)	Se establece subordinación de la tecnología con respecto a la ciencia.	Se empieza a cuestionar una relación de estricta subordinación de la tecnología con respecto a la ciencia. Así, se reconoce que en tecnología también se investiga.	No se identifica la tecnología como "ciencia aplicada", reconociendo una relación simbiótica entre ciencia y tecnología, de ayuda mutua y con semejante estatus.
9. Participación ciudadana, control social de la ciencia y limitaciones de la ciencia (sociología externa)	Escepticismo o falta de argumentación sobre el papel de la ciudadanía en el abordaje de los problemas de la humanidad en ciencia y tecnología.	Se percibe el papel de la ciudadanía en los problemas de la humanidad que afectan a la ciencia y la tecnología, aludiendo solo a acciones individuales de corresponsabilidad personal.	Se considera crucial la participación colectiva de toda la sociedad, apelando a la necesidad para ello de una adecuada alfabetización científica. A veces se alude a los límites de la ciencia.

Puede verse que el nivel I se corresponde con ideas ingenuas, muy pobres y, muchas veces, totalmente alejadas de las que serían deseables desde el punto de vista de los consensos NDC. El nivel II, por su parte, representa cierto avance respecto a la categoría anterior, conformando un estado intermedio o de transición, ya que todavía proyecta ideas simplistas, parciales y que no acaban de incorporar visiones adecuadas sobre la NDC. Finalmente, el nivel III responde a categorías de respuesta más complejas e informadas que tienen en cuenta ideas más avanzadas sobre la filosofía y la sociología de la ciencia.

4. Resultados

4.1. Visiones iniciales sobre la NDC de graduados que ingresan en el MAES

Con vistas a la exploración de las visiones sobre aspectos de la NDC de graduados en especialidades de ciencias que ingresan en el MAES, la **Tabla 3** muestra las frecuencias totales obtenidas, y sus correspondientes porcentajes.

Tabla 3. Frecuencia de las respuestas registradas para cada nivel de la rúbrica

DIMENSIÓN NDC	NIVEL I		NIVEL II		NIVEL III	
	n	%	n	%	n	%
1. La investigación científica. Sobre la metodología científica	32	88,9	4	11,1	0	0
2. El conocimiento científico: leyes y teorías	30	83,3	6	16,7	0	0
3. El conocimiento científico: realidad vs. construcción	10	27,8	25	69,4	1	2,8
4. Los cambios en las ciencias	4	11,1	30	83,3	2	5,6
5. Objetividad en la ciencia. Discrepancias y controversias científicas	11	30,6	23	63,9	2	5,6
6. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel del trabajo colectivo	11	30,6	22	61,1	3	8,3
7. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel de la mujer en la ciencia	2	5,6	18	50	16	44,4
8. Relación Ciencia-Tecnología (sociología externa)	23	63,9	8	22,2	5	13,9
9. Participación ciudadana, control social de la ciencia y limitaciones de la ciencia (sociología externa)	17	47,2	17	47,2	2	5,6

Fuente: elaboración propia

De manera general, se observa cómo, salvo en la dimensión 7, sobre el papel de la mujer en la ciencia, la mayoría de respuestas se sitúan entre los niveles I y II. Más concretamente, el futuro profesorado posee una visión positivista con respecto a los aspectos epistemológicos de la ciencia que hacen referencia a la construcción y las características del conocimiento científico (dimensiones 1 a 5). Así, el porcentaje más bajo de respuestas informadas correspondientes al nivel III de la rúbrica aparece

en las dimensiones relacionadas con la concepción del método científico (0%), la diferencia entre ley y teoría (0%), la relación del conocimiento con la realidad (2,8%), el carácter provisional o no de este (5,6%) y la objetividad de la ciencia (5,6%). De este modo, casi el 90% de la muestra maneja como cierta la idea de método científico, concebido como un proceso rígido, que parte de la observación y la experimentación, y cuyo objetivo final es la obtención de leyes y teorías (dimensión 1):

“Creo que si es adecuado hablar del método científico ya que todo investigador sigue el método cuando realiza una investigación y sus etapas no son variables: observación, estudio, elaboración de una hipótesis, creación de modelos y elaboración de teorías” (alumno 7).

Además, el 83,3% de los participantes tiene dificultades para distinguir adecuadamente entre ley y teoría, estableciendo además una relación jerárquica entre ellas, de manera que concibe las leyes como teorías comprobadas experimentalmente, tal y como queda ilustrado con el siguiente argumento (dimensión 2):

“(…) una ley es una teoría que está testada, es decir (...) se ha podido demostrar que esa teoría es o no cierta. Si es cierta sería una ley, y se cumpliría en todos los casos. Por otro lado, la teoría sería una idea o hipótesis no testada ni comprobada, es decir, existe la posibilidad de que no sea cierta” (alumna 25).

106

Para casi el 70% del alumnado, el conocimiento científico es real y verdadero, aunque incompleto, y el conocimiento científico se va acercando a la realidad con el tiempo (dimensión 3). De hecho, para el 83,3% este avance o evolución de la ciencia ocurre de manera lineal y acumulativa (dimensión 4):

“(…) el conocimiento científico es ciencia, y esta crece cada día en cada investigación y en todo momento. Más que un concepto de cambio, creo que es una evolución continua capaz de alterar verdades que creíamos absolutas y que vamos modificando” (alumna 3).

“(…) la rigidez aparente del método científico es la que otorga la fortaleza para representar de una manera fiable los diferentes aspectos del mundo físico y natural. No obstante, pueden presentarse variables que se desconozcan en cierto momento pero que al conocerse explique mejor ciertos comportamientos en la naturaleza” (alumno 26).

Con respecto a la objetividad en la ciencia y la posibilidad que existan discrepancias entre científicos (dimensión 5), más del 60% considera que la ciencia debería ser objetiva, pero que no lo es debido a que la ciencia se hace por personas que están sujetas a la condición humana:

“(…) siempre se trata de ser objetivos e imparciales, pero el hecho de ser simples observadores hace que de algún modo estén interviniendo en el objetivo de estudio. Además, su experiencia de vida será determinante en la forma de entender los resultados obtenidos” (alumna 25).

Al lado de ello, solo dos estudiantes (5,6%) llegan a referirse a factores epistémicos o no epistémicos para justificar las discrepancias y que la ciencia no sea del todo objetiva:

“(…) no son objetivos e imparciales, por ello son buenos los grupos de investigación, ya que, cada científico puede tener su propio punto de vista respecto a la interpretación de unos resultados (...) y además también puede depender de cómo se haya formado el científico” (alumno 23).

Otra faceta a considerar se refiere a la sociología de la ciencia (interna y externa), donde se obtuvieron resultados desiguales (dimensiones 6 y 7). Así, para el papel del trabajo colectivo en la ciencia se ha registrado un 8,3% de respuestas correspondientes al nivel III de la rúbrica (dimensión 6). Éstas reconocen que el trabajo colectivo implica reparto de tarea y esfuerzos dentro de los proyectos y grupos de investigación, y reconocen el papel de la difusión y debate a través de las publicaciones y congresos. Sin embargo, existe un porcentaje mayoritario de estudiantes (61,1%) que valora y reconoce la importancia del trabajo colectivo de los científicos, pero lo reduce a la suma de las aportaciones o al apoyo que cada cual encuentra en el trabajo de los que les precede, para lo cual emplean argumentos como el siguiente:

“(…) cuando un científico investiga puede descubrir cosas que le sirvan a otro científico en sus investigaciones, llegando a un conocimiento más completo que el que se realizaría de manera individual” (alumna 22).

En relación a la presencia de la mujer en la ciencia (dimensión 7), la mitad del alumnado argumenta un escaso papel debido al rol social atribuido, y un 44,4% aporta además argumentos de invisibilización de su trabajo e incluso apunta, a veces, hacia cierta discriminación dentro de la carrera científica:

“(…) no, no ha tenido la misma presencia que los hombres por el papel que jugaba la mujer en la sociedad, normalmente eran madre y cuidaban de la casa, no tenían la oportunidad de continuar con sus estudios e incluso si continuaban, se les daba muy poca visibilidad y credibilidad a los descubrimientos que realizaban las mujeres ya que la ciencia e investigación era considerada cosa de hombres” (alumna 17).

En el caso de la relación entre ciencia y tecnología (dimensión 8), aunque el 13,9% reconoce una relación simbiótica entre ambas, otorgándoles incluso un estatus semejante, existe un amplio porcentaje de estudiantes (63,9%) que describe una relación de subordinación de la tecnología respecto a la ciencia cuando justifica su acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que “la tecnología no es más que la aplicación de la ciencia”:

“(…) sí [se refiere a la conceptualización de la tecnología como mera aplicación de la ciencia] ya que la tecnología se encarga de crear herramientas y/o maquinarias basándose en criterios científicos. Por ejemplo, el conocimiento de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos pudo dar lugar al uso de poleas” (alumna 6).

Finalmente, cuando se pregunta al alumnado sobre la participación ciudadana y el control de la ciencia (dimensión 9), obtenemos el mismo número de respuestas para los dos primeros niveles de la rúbrica. De esta manera, el 47,2% de ellos se muestra escéptico respecto a ese control de la ciencia por parte de la ciudadanía:

“(…) opinar y ocuparse de una determinada materia debería ser asunto de las personas que tienen formación necesaria para dar una opinión fundamentada y crítica con peso” (alumna 25).

108 Por su parte, un porcentaje idéntico percibe la importancia de la ciudadanía en los problemas científicos y tecnológicos que afectan a la sociedad, aunque lo reducen a la responsabilidad individual de cada ciudadano:

“... todos los ciudadanos deberían ser conscientes y tratar de solventar los problemas existentes, ya que nos afectan a todos. Todos deberíamos dejar de usar plástico y cambiarlo por otros materiales menos contaminantes, emplear fuentes de energía renovables que no se agotan y contaminan menos, y que son respetuosas con el medio ambiente. Así muchos problemas más que afectan a la salubridad de la población” (alumna 6).

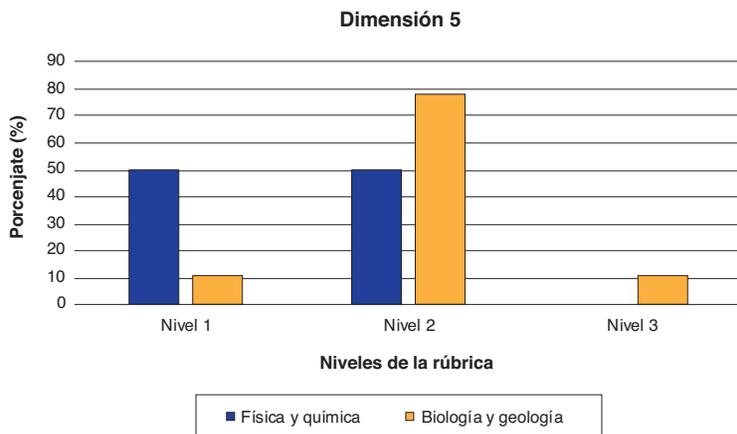
Sin embargo, las respuestas que iban más allá, adoptando una visión colectiva de responsabilidad social (asociacionismo, ejercicio democrático, etc.), la necesidad de una alfabetización científica para ello o incluso renunciando expresamente a la infalibilidad de la ciencia, fueron testimoniales.

4.2. Estudio comparativo en función del género y de la especialidad

El análisis de las visiones sobre NDC del profesorado en formación muestra que no existen diferencias en sus visiones por el hecho de ser hombre o mujer y, que para la mayoría de las dimensiones de la NDC estudiadas, tampoco influye la especialidad por la que se cursa el MAES, excepto para aquellos aspectos relacionados con la

objetividad en la ciencia (dimensión 5) y con su control social y participación ciudadana (dimensión 9) (**Figura 1**).

Figura 1. Influencia de la especialidad en las ideas sobre la objetividad en la ciencia y la posibilidad de discrepancias y controversias (dimensión 5)



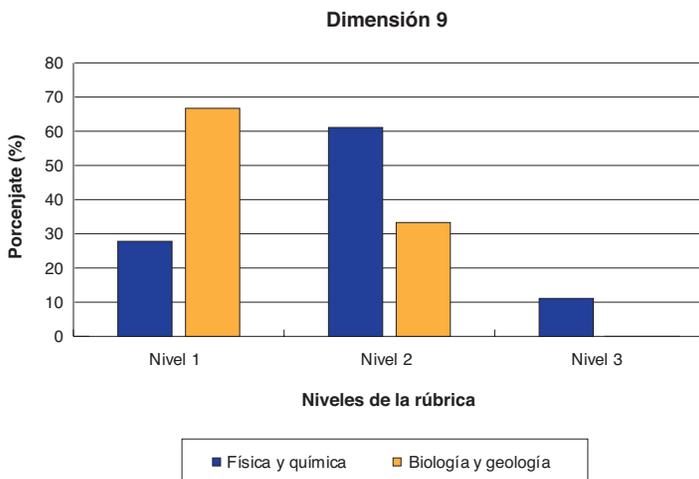
Fuente: elaboración propia

Así, la mitad de los participantes de la especialidad de física y química concibe la ciencia como una actividad objetiva en la que no tiene cabida la discrepancia entre los científicos (nivel I), mientras la otra mitad considera que la ciencia debería ser objetiva, aunque teniendo presente la imperfección humana que pueda contribuir a una interpretación inadecuada de los hechos observados (nivel II). Ninguno reconoció la existencia de factores epistémicos o no epistémicos como elementos que contribuyen a que la ciencia no sea tan neutra e imparcial como se piensa. Sin embargo, en la especialidad de biología y geología, más de las tres cuartas partes del alumnado alcanza al menos el nivel II, mientras que algo más de uno de cada diez alcanza el nivel III de la rúbrica.

En contraste con lo anterior, es el alumnado de física y química el que presenta una visión más elaborada con respecto al control de la ciencia y al papel de la ciudadanía ante la ciencia (**Figura 2**), de manera que aproximadamente tres de cada cuatro estudiantes perciben la importancia de la ciudadanía en los problemas de ámbitos científicos y tecnológico que afectan a la humanidad, aunque solo el 11,1% va más allá de la acción personal individual y contempla la participación como sociedad. Por su parte, una amplia mayoría de estudiantes de biología y geología (66,7%) se muestra escéptica respecto a este control de la ciencia por parte de la ciudadanía.

Para estas dimensiones el valor de significación asintótica obtenido con la prueba de U de Mann-Whitney fue de $p=0,007$ y $p=0,003$, respectivamente, lo que indica que las diferencias detectadas probablemente no se deban al azar.

Figura 2. Influencia de la especialidad en las ideas sobre la participación ciudadana, el control social y las limitaciones de la ciencia (dimensión 9)



Fuente: elaboración propia

5. Discusión e implicaciones

110

El diagnóstico de las visiones sobre NDC en el alumnado del MAES de la Universidad de Cádiz coincide con el mostrado en otros estudios con profesorado de secundaria en formación (Acevedo-Díaz y Acevedo-Romero, 2002), predominando las ideas poco informadas, aunque aparecen de manera minoritaria otras visiones más complejas, como ocurre en nuestro estudio con los aspectos relacionados con la sociología de la ciencia. Por otro lado, no apreciamos diferencias en las ideas en función del género, mientras que en el caso de la especialidad se detectaron diferencias significativas en solo dos de las nueve dimensiones contempladas. Esto último sugiere que la estructura de la propuesta didáctica a implementar en ambas especialidades no tiene por qué diferir demasiado, aunque sí tener en cuenta los matices comentados, además de adaptarse a las ejemplificaciones pertinentes propias de cada especialidad.

En nuestra opinión, a lo largo de su formación, a los graduados en carreras científicas se les han ofrecido pocas oportunidades para reflexionar sobre la propia ciencia, cómo se construye y cuál es la naturaleza del conocimiento científico. Esta comprensión de la naturaleza de la ciencia por parte del profesorado en ejercicio y en formación es necesaria para garantizar una enseñanza adecuada de la NDC a sus estudiantes, y por tanto consideramos que el estudio de la historia y la NDC es un elemento fundamental para la formación didáctica que se imparte en el MAES. Por ese motivo, los resultados de este estudio no solo sirven para constatar los obtenidos en otros trabajos, sino que son importantes como uno de los puntos de partida para el diseño y perfeccionamiento de una SEA que permita generar esta reflexión sobre la NDC en nuestro futuro profesorado. Dicho abordaje debería adoptar como referentes de aprendizaje algunos de los consensos más importantes hallados en la literatura

sobre NDC, identificando y combinando aquellos fundamentos epistemológicos que se consideren valiosos y útiles para la enseñanza de las ciencias provenientes de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia (Amador-Rodríguez *et al.*, 2021; McComas *et al.*, 1998) e introduciéndolos explícitamente en las clases.

Somos conscientes de la dificultad de un tránsito desde esas ideas de las que parten hasta posiciones más acordes con los conocimientos actuales sobre la NDC, por lo que dicho abordaje debería llevarse a cabo a través de una trayectoria de progresión que vaya recorriendo de manera paulatina y desde planteamientos de complementariedad las aportaciones de distintos autores y escuelas. En este sentido, según Amador-Rodríguez *et al.* (2021), en la mayoría de casos estos abordajes suelen realizarse a través de lo que denominan un análisis epistemológico “en bloque” de las opiniones de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia, sin matices en términos de los diferentes “temas” centrales o de las diferentes escuelas que más han influido en la epistemología de la ciencia. Se trata de un enfoque anacrónico y descontextualizado, desde el punto de vista de su origen y desarrollo histórico en el siglo XX, que hace muy difícil un aprendizaje progresivo en términos de avance a través de etapas intermedias sucesivas. Este enfoque termina poniendo al alumnado en la tesitura de tener que aceptar o abandonar ciertas ideas consideradas como incompatibles y antagónicas, obligando así a un cambio súbito y radical, al estilo de lo que se proponía desde las teorías de cambio conceptual. No obstante, muchos autores han abogado por un enfoque diferente que contemple una comprensión más informada de la historia y la filosofía de la ciencia (Matthews, 2012). En concreto, Amador-Rodríguez *et al.* (2021) apuestan por una perspectiva alternativa sobre el estudio de los puntos de vista de la NDC, introduciendo una periodización de la filosofía de la ciencia para demarcar y justificar los distintos puntos de vista que se utilizan para hacer evolucionar las ideas de los docentes. Dicha periodización contemplaría algunos de los periodos correspondientes a escuelas consolidadas en la filosofía de la ciencia del siglo XX, seleccionados por su relevancia para la comunidad investigadora en didáctica de la ciencia (Amador-Rodríguez, 2018): positivismo lógico (Escuela de Viena); racionalismo crítico (Karl Popper); relativismo (Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend, etc.); perspectivas más recientes basadas en la visión semántica de las teorías científicas (Ronald Giere). Estos periodos podrían servir no solo para estructurar un currículum sobre NDC para la formación del profesorado, sino también como hilo conductor para secuenciar los contenidos impartidos siguiendo un cierto orden cronológico que contemple la aparición de distintas visiones sobre NDC. Quiere esto decir que, si bien la finalidad última de los aprendizajes estaría en el avance progresivo de los docentes en torno a los diferentes consensos principales establecidos sobre NDC, éstos deberían estudiarse en el contexto de las distintas corrientes históricas surgidas en materia de filosofía y sociología de la ciencia.

Este tipo de planteamiento implica además contemplar los aportes de las distintas escuelas en términos de diferentes modelos de ciencia (Izquierdo, 2000). La progresión en el aprendizaje implicaría la posibilidad de aprender modelos nuevos, asumiendo que ninguno de ellos es totalmente “correcto” o “incorrecto”, y la posibilidad de integrarlos dentro de un marco global, cada vez más complejo, que matice y a la vez retome de forma crítica ciertos aspectos de los anteriores. Este enfoque de integración jerárquica, que ha sido defendido por autores como Pozo y Gómez-Crespo (1998) para

interpretar el cambio conceptual en cualquier ámbito de conocimiento, lo hacemos nuestro aquí también para interpretar el cambio en las visiones del profesorado sobre la NDC. Este marco, aporta una vía útil para encajar de forma crítica distintos modelos de ciencia, lo cual no es incompatible con una idea de progresión en los aprendizajes, ya que los consensos definidos en torno a la NDC vienen a componer vectores que permiten reconocer cierta jerarquía de complejidad en los niveles de sofisticación y complejidad de las ideas manejadas. Ello, por otra parte, permite identificar posibles caminos de progresión, a lo largo de los cuales cada docente en formación podría avanzar en su aprendizaje de manera paulatina y ser evaluado mediante rúbricas elaboradas a tal efecto.

Pero como la propia nueva filosofía y sociología de la ciencia ha mostrado, la comprensión de la ciencia y su evolución no puede realizarse en vacío, sino que para ello es necesario tener en cuenta el contexto histórico en el que se desarrolla. De ahí que sea tan importante abordar los aspectos sobre NDC a través de casos históricos concretos. De este modo, distintos episodios históricos seleccionados en función de su representatividad, importancia y conexión con las nuevas ideas que se quieren ilustrar de NDC, podrían servir como estudios de caso que permitan al docente situar y ejemplificar esas ideas.

Al objeto de llevar a buen puerto este tránsito o progresión, la metodología formativa debería ser acorde con los planteamientos constructivistas (Appleton y Asoko, 1998), proponiéndose un marco reflexivo (Schön, 1992), participativo y crítico en el que la metacognición sea un elemento decisivo (Abell *et al.*, 1998). Al lado de ello, sería preciso considerar distintos modos de trabajo e integrar en la secuencia actividades realizadas fuera de clase.

Todos estos elementos, han sido considerados e integrados como principios de referencia a considerar durante el diseño y la implementación de una propuesta didáctica para la formación inicial del profesorado de secundaria. En este sentido, en un estudio reciente se ofrecen detalles y se presentan algunos avances de sus resultados (Vicente *et al.*, 2022). Esperamos en un futuro cercano poder ofrecer resultados más profundos y detallados sobre la progresión alcanzada por los participantes a lo largo de estas enseñanzas.

Financiamiento

Financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/_Proyecto EDU2017-82518-P.

Bibliografía

Abell, S. K., Bryan, L. A. y Anderson, M. A. (1998). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4), 491-509. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<491::AID-SCE5>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<491::AID-SCE5>3.0.CO;2-6).

Abd-el-khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>.

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Romero, P. y Manassero-Mas, M. (2005). Evaluación de creencias sobre ciencia, tecnología y sus relaciones mutuas. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad –CTS*, 6(2), 73-99.

Acevedo-Díaz, J. A. y Acevedo-Romero, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores en Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 29(1), 1-28. DOI: <https://doi.org/10.35362/rie2912936>.

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), pp. 134-169. DOI: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i2.02.

Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19. DOI: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02.

Amador-Rodríguez, R. Y. y Adúriz-Bravo, A. (2018). Consensus and dissent around the concept of nature of science in the Ibero-American community of didactics of science. En M. Prestes y C. Silva (Eds.), *Teaching Science with Context. Science: Philosophy, History and Education* (31-47). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74036-2_3.

Amador-Rodríguez, R., Adúriz-Bravo, A., Valencia-Cobo, J. A., Reinoso-Tapia, R. y Delgado-Iglesias, J. (2021). Prospective primary teachers' views on the nature of science. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 403-418. DOI: <https://doi.org/10.3926/jotse.1271>.

Appleton, K. y Asoko, H. (1996). A case study of a teacher's progress toward using a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Education*, 80(2), 165-180. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199604\)80:2<165::AID-SCE3>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<165::AID-SCE3>3.0.CO;2-E).

Aragón-Méndez, M. M., Acevedo-Díaz, J. A., y García-Carmona, A. (2019). Prospective biology teachers' understanding of the nature of science through an analysis of

the historical case of Semmelweis and childbed fever. *Cultural Studies of Science Education*, 14, 525-555. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9868-y>.

Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J., Valencia, M. y Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28, 205-248. DOI: <https://doi-org.bibezproxy.uca.es/10.1007/s11191-019-00051-3>.

Deng, F., Chen, D. T., Tsai, C. C. y Chai, C. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95, 961-999. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20460>.

García Carmona, A., Vázquez Alonso, A. y Manassero Mas, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las ciencias*, 29(3), 403-12. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.443>.

García Carmona, A., Vázquez Alonso, A. y Manassero Mas, M. A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 23-34. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n1.442>.

García-Carmona, A. (2021). La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década. *Revista de educación*, 394, 241-270. DOI: <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.

Edgerly, H. S, Kruse, J. W. y Wilcox, J. L. (2021). Quantitatively investigating inservice elementary teachers' nature of science views. *Research in Science Education*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-021-09993-7>.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. F. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

Hodson, D. (1986). Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy Education*, 20(2), 215-225.

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (35-64). Marfil.

Kartal, E. E, Cobern, W. W., Dogan, N., Irez, S., Cakmakci, G., y Yalaki, Y. (2018). Improving science teachers' nature of science views through an innovative continuing

professional development program. *International Journal of STEM Education*, Ed.5, 30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0125-4>.

Kruse, J. W, Easter, J. M., Edgerly, H. S., Seebach, C. y Patel, N. (2017). The impact of a course on nature of science pedagogical views and rationales. *Science & Education*, 26, 613-636. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9916-0>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10034>.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present and future. En S. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (831-880). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Linacre, J. M. (2022). Winsteps® Rasch measurement computer program (Version 5.2.2). Recuperado de: <https://www.winsteps.com/>.

Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001). Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat. Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.5072.9923>.

115

Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (3-26). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_1.

McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science y Education*, 17, 249-263. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y>.

McComas, W. F., Almazroa, H. y Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7, 511-532. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008642510402>.

Oliva, J. M., Caamaño, A., Strieder, R. B. y Chrispino, A. (2020). El boletín de la AIA-CTS: cinco años como testigo de demarcación del movimiento CTS en Iberoamérica. *Boletín de la AIA-CTS, número extraordinario*, 15-18.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10105>.

Özer, F., Doğan, N., Yalaki, Y., Irez, S. y Çakmakci, G. (2021). The ultimate beneficiaries of continuing professional development programs: middle school students' nature of science views. *Research in Science Education*, 51, 757-782. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9824-1>.

Pavez, J. M., Vergara, C. A., Santibañez, D. y Cofré, H. (2016). Using a professional development program for enhancing Chilean biology teachers' understanding of nature of science (NOS) and their perceptions about using history of science to teach NOS. *Science & Education*, 25, 383–405. DOI: <https://doi-org.bibezproxy.uca.es/10.1007/s11191-016-9817-7>.

Pozo, J. I. y Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata.

Schön, D. A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Paidós/MEC.

Torres, J. y Vasconcelos, C. (2020). Prospective science teachers' views of nature of science: Data from an intervention programme. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), em1807. DOI: <https://doi.org/10.29333/ejmste/110783>.

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.

116

Vázquez, A. y Manassero, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.02.

Vicente, J. J., Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2022). La Naturaleza de la Ciencia como objeto de aprendizaje en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(26.1), 123-142. DOI: <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92424>.

Cómo citar este artículo

Vicente, J. J., Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2022). Ideas de futuros profesores de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia para la elaboración de criterios formativos en este ámbito. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 95-116. Recuperado de: [inserte URL]