

La Naturaleza de la Ciencia como objeto de aprendizaje en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria

Juan José VICENTE
Natalia JIMÉNEZ-TENORIO
José María OLIVA

Datos de contacto:

Juan José Vicente Martorell
Universidad de Cádiz
juanjose.vicente@uca.es

Natalia Jiménez-Tenorio
Universidad de Cádiz
natalia.jimenez@uca.es

José María Oliva Martínez
Universidad de Cádiz
josemaria.oliva@uca.es

Recibido: 02/12/2021
Aceptado: 24/03/2022

RESUMEN

En este trabajo se caracteriza y evalúa una secuencia de enseñanza aprendizaje orientada al estudio de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en profesores de secundaria en formación, la cual se ha implementado en el Máster en Educación Secundaria de la Universidad de Cádiz en las especialidades de Física y Química y Biología y Geología. El diseño de la secuencia ha partido de la experiencia acumulada desde la implantación del MAES (2009-2010), teniendo en cuenta distintos principios de diseño entre los que se encuentra la adopción como referentes de aprendizajes de los acuerdos sobre NdC encontrados en la literatura. Un cuestionario abierto y una actividad final de reflexión metacognitiva han sido, entre otros, los instrumentos empleados para analizar la evolución en las visiones sobre la ciencia de los participantes. Un primer análisis cualitativo sugiere que la secuencia permite la progresión de las visiones de la ciencia de solo una parte de los alumnos, pero esta progresión se ve beneficiada por la actividad final reflexiva de autorregulación.

PALABRAS CLAVE: Complementos de formación; Formación inicial de profesores de Secundaria; Investigación de diseño; Máster en Profesorado de Secundaria; Naturaleza de la Ciencia.

The Nature of Science as a learning object in the initial training of secondary school science teachers

ABSTRACT

This work characterizes and evaluates a teaching-learning sequence (TLS) oriented to the study of the nature of science (NOS) in secondary school teachers in training. This has been carried out in the Master of Secondary Education at the University of Cádiz in the two specialties of Physics/Chemistry and Biology/Geology. The design of the TLS has been based on experience gained since the beginning of the MSE (2009-2010), taking into account different design principles, among which is the adoption as learning references of different consensus about NOS which it found in the literature. An open questionnaire and a final reflective metacognitive activity have been used to assess changes in participants' NOS views. A first qualitative analysis suggests that the TLS allows the improvement in the view of science by only some of the students, but this progression is improved by the final reflective activity of self-regulation.

KEYWORDS: Design based research; Master of Secondary Education; Nature of Science; Teachers in training; Training supplements

Introducción

La adaptación de las universidades españolas al Espacio Europeo de Educación Superior mediante la implantación del Máster en Educación Secundaria (en adelante MAES) en el curso 2009-2010, supuso un cambio en la formación inicial del profesorado de secundaria y un punto de inflexión en la investigación en este campo. Desde entonces, se han realizado estudios sobre las concepciones de los profesores en formación (Pontes & Poyato, 2016; Pontes et al., 2016a, b), se han ofrecido detalles sobre la implementación del título en distintas universidades (Benarroch et al., 2013; Solbes & Gavidia, 2013), y se han caracterizado actividades formativas prometedoras (Jiménez-Tenorio & Oliva, 2016a, b).

No obstante, son pocos los estudios sobre contenidos a incluir en la formación o que aporten criterios para la selección de los mismos (Carrascosa et al., 2008; Martínez-Aznar et al., 2013), a pesar de que en el marco de la reflexión teórica se han abordado aspectos como el conocimiento profesional de los profesores o el conocimiento didáctico del contenido (Acevedo, 2009a, b; Guisao et al., 2013).

En la actualidad existe consenso en considerar la Naturaleza de la Ciencia (NdC) como un componente esencial de la alfabetización científica-tecnológica (Acevedo et al., 2017), por lo que uno de los ámbitos de la formación inicial del profesorado de secundaria debería ser esta dimensión de la ciencia. Sin embargo, como han mostrado algunos estudios de revisión de la literatura, la NdC ha sido infra-atendida en la educación científica española (García-Carmona, 2021).

En el MAES de la Universidad de Cádiz, los aspectos sobre NdC se abordan en la asignatura de Complementos de formación. Ésta se imparte desglosada para las especialidades de Física y Química y de Biología y Geología, y consta, entre otros, de un módulo titulado Naturaleza de Historia de la Ciencia, que tiene una carga lectiva de 20 horas presenciales. Este módulo persigue que los alumnos comprendan tanto los procesos de construcción de la ciencia como los obstáculos de su desarrollo, que alcancen una visión formada sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC) y que integren aspectos epistemológicos y otros de corte sociológicos, como las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) o la sociología interna y externa de la ciencia.

Dicho módulo lleva impartándose desde el curso 2009/2010 hasta hoy, habiendo sido revisado y reformulado con vistas a su implementación durante 2018/2019 y 2019/2020. Este artículo adopta como foco de atención la secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) diseñada para esos dos cursos, constatando el nivel de avance en los participantes tras cursar el módulo, lo que nos aporta indicadores para valorar su utilidad formativa.

Marco teórico

Asumimos que la formación inicial del profesorado se sustenta sobre dos enfoques distintos, uno es el del conocimiento didáctico del contenido y el otro el de las competencias docentes. A su vez, estos dos enfoques se inspiran en una orientación constructivista, basada en el desarrollo de estrategias formativas que propicien la participación activa del alumnado en procesos de aprendizaje significativo (Appleton & Asoko, 1996; García & Cubero, 2000), así como en la corriente reflexiva de la formación docente que concede gran importancia a las actividades fomentan la metacognición y autorregulación (Abell et al., 1998; Hewson, 1993; Negrillo & Iranzo, 2009).

En este marco, la NdC se presenta en este trabajo como objeto de aprendizaje en la formación inicial del profesorado de secundaria. De hecho, el estudio de las creencias del profesorado sobre NdC ha sido históricamente una de las líneas de investigación sobre la NdC en didáctica de las ciencias, interés que persiste hoy debido a la hipótesis de que la comprensión de los profesores sobre la NdC guarda cierta relación con la que desarrollan sus alumnos, y que sus creencias sobre la NdC influyen significativamente en su forma de enseñar ciencias y en las decisiones que éste adopta en el aula. A pesar de los numerosos intentos para contrastar, particularmente, la segunda de estas hipótesis, las investigaciones realizadas no parecen concluyentes. En este sentido, diversidad de factores podrían influir sobre las prácticas docentes, como son la inercia resistencia a la innovación (Oliva, 2011) o el propio conocimiento didáctico del contenido del profesor (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Schwartz & Lederman, 2002). Además, podemos también considerar criterios alejados de la racionalidad, como factores emotivos (Mellado et al., 2014) o comportamientos imitativos que hacen que cada profesor enseñe a semejanza de cómo fue enseñado (Acevedo, 2006). Pero,

de cualquier modo, está claro que las creencias y concepciones de los docentes –en activo y en formación- condicionan la forma de actuar en el aula (Pro Bueno et al., 2022).

Aunque la NdC puede definirse como todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma particular de construcción de conocimiento sobre el mundo físico o natural (Acevedo & García-Carmona, 2016), existe cierta variedad de posiciones al respecto. Una corriente identifica la NdC con la epistemología de la ciencia, centrada en la naturaleza del conocimiento científico como producto final de la investigación, mientras otra considera que hay que incluir además aspectos relativos a la sociología y psicología de la ciencia (Vázquez et al., 2004). Esta discrepancia impide que exista unanimidad sobre qué aspectos de la NdC deberían enseñarse, pero no que se intenten alcanzar consensos sobre la NdC en la enseñanza de las ciencias (ver Acevedo et al., 2007; García-Carmona & Acevedo, 2018; Lederman, 2007; McComas, 2008; Vázquez et al., 2004; Vázquez & Manassero, 2012, entre otros). En estas propuestas de consensos se observa, particularmente en la primera década del siglo, una prevalencia de los aspectos epistemológicos, aunque en la actualidad la incorporación de los aspectos no epistémicos ha ganado apoyos (Acevedo et al., 2017; Aragón-Méndez et al., 2019).

La tabla 1 presenta una clasificación de los principales acuerdos sobre los aprendizajes deseables para el alumnado en torno a la NdC, según la visión de distintos autores. Estos referentes aparecen agrupados en doce dimensiones, que son las que han guiado las decisiones de diseño de nuestro trabajo. Estas dimensiones aglutinan tanto aspectos relacionados con los procesos de la ciencia, como con el papel de la observación y de los datos, la investigación y la metodología científica, así como aspectos epistemológicos del conocimiento científico, tales como los cambios y las limitaciones de las ciencias y la relación entre realidad y conocimiento científico. Asimismo, se incluyen aspectos relacionados con la sociología de la ciencia (externa e interna), como los diferentes contextos de la ciencia, es decir, el contexto histórico, el contexto social, la ciencia y los científicos, y las relaciones entre ciencia tecnología y sociedad.

Tabla 1

Dimensiones de la NdC

DIMENSIONES	Hodson (1986)	Lederman (2007)	McComas (2008)	Osborne et al. (2003)	Manassero et al. (2001)	Gil (1993); Fernández et al. (2002)
-El papel de la observación y de los datos	-Para que se acepte una teoría debe haber evidencia que la apoye.	-El conocimiento de la ciencia es empírico.	-El conocimiento científico se basa en pruebas empíricas.	-La ciencia usa un método experimental.		

DIMENSIONES	Hodson (1986)	Lederman (2007)	McComas (2008)	Osborne et al. (2003)	Manassero et al. (2001)	Gil (1993); Fernández et al. (2002)
-La investigación científica	-La ciencia utiliza frecuentemente la observación indirecta que depende de una teoría de la instrumentación. -La inducción es inadecuada como descripción del método científico.		-Existen factores comunes en la producción del conocimiento científico. -Los experimentos no son la única vía para el conocimiento científico. -La ciencia utiliza tanto el razonamiento inductivo como hipotético-deductivo.	-El trabajo científico como proceso cíclico de preguntas y respuestas en el que emergen teorías que se prueban empíricamente. -Hipótesis y predicción. -Un único resultado no es suficiente.	-Tentativo, pero fiable. -Razonamiento lógico. -Matematización, serendipia y error.	-No solo está basada en procesos de análisis, sino que es preciso tener en cuenta la necesidad de síntesis posteriores y de estudios de complejidad creciente.
-Crítica al "método científico"		-No hay un método científico único.	-No hay ningún método científico único.	-Diversidad de métodos científicos.	-Pluralismo metodológico.	-No existe secuencia de etapas que garantice la exactitud y objetividad.
-El conocimiento científico		-Las teorías científicas son sistemas explicativos. -Las leyes representan relaciones entre variables medibles.	-Las leyes y las teorías son tipos distintos de conocimientos científicos, pero están relacionados entre sí.		-Estatus de hipótesis, teorías y leyes. -Modelos científicos. -Simplicidad, elegancia y belleza.	-La significación de los conocimientos científicos va mucho más allá del aparato matemático.
-Los cambios en las ciencias	-El conocimiento científico tiene un estatus temporal.	-El conocimiento científico es provisional y holístico.	-El conocimiento científico tiene carácter provisional, duradero y auto-correctible. La ciencia ha desarrollado a través de la "ciencia normal" y "revolución".	-El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede estar sujeto a cambios en el futuro.		-Los cambios en las ciencias no solo suponen crecimiento acumulativo, sino además crisis y revoluciones profundas.
-El conocimiento científico: realidad vs. construcción	-La observación depende de las percepciones sensoriales que pueden ser falibles. -Los conceptos y teorías surgen de actos creativos de abstracción e invención.	-Las observaciones y las inferencias difieren. -La ciencia se basa en la imaginación y en la creatividad humana y no solo es racional.	-La ciencia tiene un componente creativo.	-El conocimiento científico no surge de los datos, sino de la interpretación y construcción de teorías. -La ciencia implica creatividad e imaginación.	-Observaciones e inferencias. -Creatividad e imaginación.	-La construcción científica parte del cuestionamiento sistemático de lo obvio.

DIMENSIONES	Hodson (1986)	Lederman (2007)	McComas (2008)	Osborne et al. (2003)	Manassero et al. (2001)	Gil (1993); Fernández et al. (2002)
-Objetividad en la ciencia	-La observación depende de la teoría que a menudo la precede. -Teorías rivales pueden dar lugar a observaciones diferentes de un mismo fenómeno.	-La ciencia está cargada de teoría, y en consecuencia, las observaciones no son objetivas.	-La ciencia tiene un elemento subjetivo ya que las ideas y observaciones de la ciencia están "cargadas de teoría".	-Es posible y legítimo que los científicos discrepen en la interpretación de los datos.	-Cargado de teoría. -Objetivo mediante la intersubjetividad dentro de la comunidad científica.	-La observación y la experimentación no son "neutras", dependen de las hipótesis y de teorías que orientan el proceso.
-Limitaciones de la ciencia			-La ciencia y sus métodos no pueden contestar todas las preguntas.			-Es necesario conocer las dificultades y limitaciones en el desarrollo de la ciencia.
-La ciencia y el contexto social (Sociología externa)		-La sociedad y la cultura influyen en el conocimiento científico.	-Las ideas científicas están influidas por su entorno histórico, cultural y social.	-Dimensiones morales y éticas del desarrollo del conocimiento científico y su aplicación.	-Influencia de la sociedad en la ciencia y tecnología. -Influencia de la tecnología en la sociedad.	
-La ciencia y su contexto histórico				-Desarrollo histórico del conocimiento científico.		-Es importante saber los problemas de partida y el hilo conductor de su evolución histórica.
-La ciencia y los científicos (Sociología interna)				-Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico.	-Construcción social del conocimiento científico. -Cuestiones personales.	-Es esencial el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos, etc.
-Relación Ciencia-Tecnología			-La ciencia y la tecnología interactúan entre sí, pero no son lo mismo.		-Diferencias y relaciones entre Ciencia y Tecnología. -Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I). -Ideas sobre tecnociencia.	-Necesidad de tener en cuenta las complejas relaciones CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad).

En definitiva, consideramos desde esta perspectiva amplia que la NdC debe constituir un contenido de aprendizaje en la formación del profesorado de ciencias, que las visiones iniciales de los docentes han de tenerse en cuenta como punto de partida en su formación, y que, además, los cambios detectados en torno a éstas constituyen indicadores para analizar la progresión en los aprendizajes ante propuestas formativas que aborda dichos aspectos.

Diseño de investigación

Contexto de investigación y objetivos planteados

Esta investigación forma parte de un estudio más amplio con connotaciones próximas a la investigación basada en el diseño (IBD) que, como sabemos, se caracteriza, entre otras, por la elaboración, implementación, evaluación y rediseño de secuencias de enseñanza aprendizaje (Guisasola & Oliva, 2020; Guisasola et al., 2021). Los contenidos contemplados se referían a temáticas sobre NdC y los participantes fueron alumnos de las especialidades de ciencias del MAES durante dos cursos académicos, sin que se registraran cambios sustanciales entre las respectivas implementaciones. Concretamente, el diseño formativo se insertó dentro del módulo sobre Naturaleza e Historia de la Ciencia, impartido desde noviembre a finales de enero.

En este marco, los objetivos planteados fueron:

- 1.- Identificar las ideas iniciales de los participantes al empezar el módulo.
- 2.- Caracterizar una secuencia de actividades desarrollada fruto de la experiencia docente de nueve años anteriores, del marco teórico antes contemplado y del estudio diagnóstico desarrollado a raíz del objetivo 1.
- 3.- Evaluar la propuesta formulada a partir del cambio detectado en las ideas de los participantes en sus visiones sobre la ciencia.

Metodología de investigación

La investigación consta de un estudio preliminar, que incluye un diagnóstico inicial del alumnado, otro de diseño e implementación de la secuencia, y uno último retrospectivo.

El estudio preliminar estuvo destinado a obtener información sobre los precedentes y el contexto donde insertar la secuencia formativa objeto de estudio. Los nueve años anteriores en los que se impartió el módulo sirvieron para construir y ensayar las primeras versiones de la secuencia didáctica. A lo largo de ellos no hubo una evaluación sistemática de resultados, si bien se recogió información de muy diverso tipo a través de actividades iniciales de torbellino de ideas, tareas de clase en pequeño grupo, tareas de casa individuales, foros y una síntesis final de la asignatura.

Además, para recabar información sobre las ideas iniciales de los participantes, se diseñó y validó un cuestionario, cuya información resultó muy valiosa para realizar un diagnóstico inicial sistemático del estado inicial de los estudiantes y focalizar así el sentido de los cambios que se pretendían introducir sobre diseños anteriores. Este cuestionario consta de diez preguntas abiertas y se elaboró en coherencia con la mayoría de dimensiones de la tabla 1, concretamente en las cuales suelen aparecer concepciones alternativas. En él, los estudiantes deben expresar de forma razonada cuáles son sus ideas referidas a los siguientes aspectos: P1) concepción crítica sobre la idea de “método científico”; P2) diferencias entre ley y teoría; P3) relación entre la realidad y conocimiento; P4) carácter definitivo/provisional del conocimiento; P5)

objetividad y discrepancia en la ciencia; P6) papel del trabajo colectivo en la ciencia; P7) papel de la mujer en la ciencia; P8) estatus de la tecnología respecto a la ciencia; P9) participación y control social de la ciencia.

Con la información obtenida en el estudio preliminar se modificó la secuencia didáctica empleada en cursos anteriores, implementándose de nuevo durante los cursos académicos 2018/19 y 2019/20. En el primero, participaron 18 estudiantes de la especialidad de Física y Química y 18 de la de Biología y Geología, y en el segundo intervinieron 21 y 18 estudiantes, respectivamente. Los participantes de la especialidad de Física y Química eran todos graduados en Química, mientras que los de Biología y Geología lo eran en Biología, en Ciencias Ambientales y en Ciencias del Mar.

En el estudio retrospectivo se recogió información procedente de distintas fuentes, aunque aquí nos centraremos en la comparación de resultados del cuestionario antes y tras finalizar el módulo, y en el desarrollo de un autoinforme personal de reflexión de cada participante en torno a los cambios experimentados en sus conocimientos a lo largo del módulo. Para ello, tres semanas después de finalizar el módulo, cada sujeto contó con una copia del cuestionario inicial y final que había cumplimentado, lo que le permitió analizar reincidencias y cambios en sus ideas en la comparación antes-después, como también manifestar nuevos cambios suscitados consecuencia de la reflexión que estaban realizando.

Si bien en trabajos futuros se realizarán análisis exhaustivos de las visiones desarrolladas empleando rúbricas de evaluación y analizando las posibles diferencias debidas al género o la especialidad de sus estudios, en este caso aportaremos un análisis más cualitativo, pero suficiente para los propósitos de este estudio.

Resultados y discusión

Estudio diagnóstico inicial

Los resultados del cuestionario inicial aportaron información para constatar muchos de los resultados de la literatura en torno a visiones sobre la ciencia de egresados de titulaciones de ciencias. Además, fueron claves para idear modificaciones sobre los diseños anteriores y generar una secuencia de “segunda generación”, que fue la ensayada durante los dos cursos académicos mencionados.

Aunque en el estudio preliminar, que permitió analizar las visiones previas de los estudiantes, solo contemplamos inicialmente los participantes del primer año, hemos preferido incluir aquí también los del segundo ya que los datos que proporcionaron fueron similares. De esta forma, posibilitamos que los resultados del cuestionario en los distintos momentos fueran comparables.

El análisis cualitativo inicial de resultados, revela una visión empiro-inductivista bastante generalizada entre los participantes, tanto sobre los procesos de la ciencia como sobre el conocimiento científico. Así, más del 90% se adhieren a la idea de “método científico” como un proceso rígido y lineal, en el que las teorías se sitúan siempre al final del proceso y nunca como punto de partida. Una proporción similar tiene dificultades para diferenciar entre los productos de la ciencia, otorgando un estatus superior a las leyes frente a las teorías. Más de tres cuartas partes considera al conocimiento científico como algo absoluto, a imagen de la realidad, y aunque suele

reconocer que puede resultar incompleto, concibe su evolución de manera lineal y acumulativa. Más de la mitad considera que el conocimiento científico resulta de un proceso objetivo, aunque admite cierto margen de subjetividad personal debido a la condición humana de los científicos.

La mayor variedad en las visiones de la NdC, las hemos encontrado en aspectos sobre sociología de la ciencia. Así, tres de cada cuatro participantes reconocen la importancia del trabajo colectivo en la ciencia, aunque más de la mitad lo reduce a una suma de aportaciones parciales o al apoyo sobre antecedentes. Más de dos tercios concibe una relación de subordinación de la tecnología con respecto a la ciencia, aunque se reconoce a veces que desde la tecnología también se investiga para desarrollar productos tecnológicos. Igual proporción reduce el papel de la ciudadanía ante la ciencia a la corresponsabilidad en acciones individuales, pero solo ocasionalmente se contempla como acción colectiva de toda la sociedad. En cuanto al papel de la mujer en la ciencia, es donde hemos encontrado unas posiciones más formadas. Aunque cerca de la mitad reduce la discriminación de la mujer en la ciencia al rol social atribuido, hay una proporción amplia que aporta también argumentos de invisibilización de su trabajo.

Estudio de diseño e implementación

Un primer paso fue la identificación de los principios de diseño que se estaban usando de forma explícita en secuencias anteriores, a los que se añadieron otros nuevos, priorizando aquellos que consideramos más importantes. Como resultado final concretamos los siguientes:

1. Adoptar como referentes los consensos más importantes identificados en la literatura sobre NdC.
2. De acuerdo con el modelo de enseñanza a proyectar con el alumnado de Secundaria, contemplar un modelo formativo reflexivo y participativo.
3. Empezar una trayectoria de progresión desde posiciones positivistas hacia otras que tengan en cuenta la nueva filosofía y sociología de la ciencia.
4. Contextualizar los aspectos sobre NdC a través de casos históricos concretos.
5. Secuenciar los contenidos impartidos siguiendo un cierto orden cronológico de aparición de distintas visiones sobre NdC.
6. Considerar distintos modos de trabajo e integrar en la secuencia actividades realizadas fuera de clase.

Siguiendo estos criterios, se han articulado los contenidos de la SEA alrededor de 15 referentes de aprendizaje (REF) –algunos de ellos desglosados– que consideramos necesarios para una visión formada en torno a la NdC. Estos referentes surgen de las dimensiones presentadas en la tabla 1, cuya concreción se muestra en la tabla 2. En ella, se muestra también la relación entre las dimensiones y las preguntas del cuestionario. Puede apreciarse que, salvo las dos excepciones señaladas en la tabla, todas las dimensiones fueron abordadas de una forma u otra, en el cuestionario.

Tabla 2

Referentes de aprendizaje del diseño implementado y su relación con las dimensiones NdC

DIMENSIÓN	REFERENTES DE APRENDIZAJE (REF.)	NOCIONES MANEJADAS	PREGUNTA DEL CUESTIONARIO CON QUE SE RELACIONA
-La ciencia y su contexto histórico	<ul style="list-style-type: none"> •La historia y naturaleza de la ciencia son parte de ésta y son necesarios para entender éste (R1). 	<ul style="list-style-type: none"> •Historia de la ciencia. •NdC. 	*
-El papel de la observación y de los datos	<ul style="list-style-type: none"> •El conocimiento científico tiene una base esencial en la observación y en el experimento (R2). •La cuantificación y la medida son esenciales, así como el uso de la lógica matemática (R3). 	<ul style="list-style-type: none"> •Racionalismo, empirismo, inducción, deducción, reproducibilidad, positivismo, etc. 	**
-La investigación científica	<ul style="list-style-type: none"> •La lógica científica maneja criterios de verificación (R4a) y falsación (R4b) de hipótesis. Tanto la verificación (R4c) como la falsación (R4d) son incompletas. •El trabajo científico es un ciclo de preguntas y respuestas, que parte de conocimientos teóricos y, a su vez, puede dar lugar a nuevas teorías (R5). 	<ul style="list-style-type: none"> •Verificación, falsación, metodología científica trabajo científico, métodos de la ciencia, ciclo de investigación. 	P1
- Sobre la metodología científica	<ul style="list-style-type: none"> •No hay un método científico único. Cada ciencia tiene sus peculiaridades y un mismo problema puede abordarse con metodologías diferentes. Existen otras formas de razonamiento distintas a la inducción y deducción, como el pensamiento analógico, la serendipia o la creatividad (R6). 		P1
-El conocimiento científico	<ul style="list-style-type: none"> •Las teorías científicas son sistemas explicativos. Las leyes representan relaciones descriptivas entre variables (R7a). Los modelos son contextuales y son intermediarios entre la realidad y la teoría (R7b). 	<ul style="list-style-type: none"> •Leyes, teorías, modelos. 	P2
-Los cambios en las ciencias	<ul style="list-style-type: none"> •El conocimiento científico es provisional (R8) •El conocimiento científico evoluciona de manera acumulativa en periodos de ciencias normal, o sufre grandes cambios cualitativos en periodos de revolución científica (R9). 	<ul style="list-style-type: none"> •Evolución del conocimiento. Verosimilitud de las teorías •Ciencia normal, revoluciones científicas, programas de investigación. 	P4
-El conocimiento científico: realidad vs. construcción	<ul style="list-style-type: none"> •La teoría suele preceder a las observaciones (R10a), y demás condiciona a éstas ya que la observación y la experimentación dependen de la teoría (R10b). 	<ul style="list-style-type: none"> •Paradigma, revolución científica, relativismo, objetividad, coherencia. 	P3
-Objetividad en la ciencia	<ul style="list-style-type: none"> •Más que de objetividad puede hablarse de congruencia entre observadores o entre observación y teoría (R11). 		P5
-Limitaciones de la ciencia	<ul style="list-style-type: none"> •La ciencia tiene y ha tenido dificultades en su desarrollo histórico. La ciencia se ocupa solamente del estudio de la naturaleza (materia y energía). No sabemos hasta dónde puede llegar y ni siquiera si, mediante ella, es posible tener una comprensión completa del mundo (R12). 	<ul style="list-style-type: none"> •Carácter aproximativo, anomalías en el conocimiento, crisis en la ciencia, limitaciones instrumentales, límites ontológicos y epistémicos. 	P9

DIMENSIÓN	REFERENTES DE APRENDIZAJE (REF.)	NOCIONES MANEJADAS	PREGUNTA DEL CUESTIONARIO CON QUE SE RELACIONA
-La ciencia y el contexto social	<ul style="list-style-type: none"> •Las ideas científicas y el desarrollo de la ciencia están influidas por factores tanto personales, como por el entorno histórico, cultural, político y social (R13a). •La sociedad ha inhibido durante siglos el acceso de la mujer a la ciencia (R13b) 	•Sociología externa de la ciencia. Factores no epistémicos.	P7
-La ciencia y los científicos	<ul style="list-style-type: none"> •La ciencia se construye dentro de una comunidad: liderazgo, trabajo en equipo, cooperación, pugnas entre grupos, intereses y grupos de poder, etc.(R14a). •La mujer ha sido objeto de un trato desigual dentro de la ciencia, por lo que no ha tenido las mismas oportunidades: rol atribuido, invisibilización, etc. (R14b). 	•Comunidad científica, consenso, controversia. Sociología interna de la ciencia	P6 y P7
-Relaciones Ciencia-Tecnología	•Ciencia y tecnología no son la misma cosa, pero se relacionan intensamente. La ciencia no tiene por qué ser previa ni superior a la tecnología. Ambas se retroalimentan en una relación de simbiosis (R15).	•Relaciones Ciencia-Tecnología	P8

* No se trataba de una dimensión a evaluar sino un presupuesto de partida.

** No se evaluó directamente dado que partíamos de la base de que esta dimensión no era problemática, sino que, por el contrario, está profundamente arraigada en los docentes de secundaria en formación.

La SEA se ha desarrollado a lo largo de 10 sesiones con una duración de dos horas, nueve sesiones ordinarias y una final extraordinaria de reflexión sobre lo aprendido, impartida tres semanas después y que sirvió como prueba de evaluación. La tabla 3 describe la SEA empleada en la especialidad de Física y Química. Para cada sesión se indica las preguntas abordadas, las actividades e intenciones formativas y los referentes de aprendizaje correspondientes (REF). Puede verse que se combinan actividades a realizar por los alumnos, con debates y presentaciones del profesor. Entre los recursos empleados destacan los vídeos de divulgación, el cine, lecturas (artículos de prensa, historietas y otros documentos) o foros de discusión. Casi todas actividades que utilizaban esos recursos contaron con un guion de reflexión y discusión. Algunas actividades se desarrollaron de forma individual, aunque la mayoría implicaron el trabajo en pequeño y/o en gran grupo. La secuencia completa comentada se encuentra disponible en acceso abierto (Oliva et al., 2021) y puede considerarse como uno de los resultados del estudio realizado. En el caso de la especialidad de Biología y Geología, la secuencia elaborada fue muy parecida, con las adaptaciones necesarias en los hitos históricos y en las ejemplificaciones. Conviene aclarar que las actividades y contenidos mostrados, a pesar de organizarse por sesiones, se desarrollaron tanto en clase como fuera de ella.

En la última sesión, desarrollada tres semanas después de finalizar el módulo, los participantes completaron el autoinforme sobre las ideas desarrolladas. Se trató de una actividad muy rica e interesante de metacognición y autorregulación que sirvió para tomar conciencia sobre lo aprendido, también sobre lo que no, e incluso ofreció ocasión para manifestar las dudas persistentes y nuevos interrogantes suscitados.

Tabla 3

Secuencia didáctica y su relación con los referentes de aprendizaje (REF.)

SESIÓN	PREGUNTAS ABORDADAS	ACTIVIDADES PLANTEADAS	INTENCIONES FORMATIVAS	REF.
S1	¿De dónde partimos?	A1. Cuestionario inicial sobre NdC.	-Explorar las ideas iniciales sobre distintos aspectos de la NdC.	Todos
	¿Por qué el alumnado y los docentes deben conocer la historia y la naturaleza de la ciencia?	A2. Presentación del docente de los propósitos de la asignatura.	-Justificar la importancia de este módulo y presentar cómo se estructura.	R1
S2	¿Qué es la ciencia y cómo se elabora?	A3. Visionado de fragmentos de video extraídos de los capítulos “En la Orilla del Océano Cósmico” y “La Armonía de los Mundos de la serie Cosmos” (Carl Sagan). Cuestionario de reflexión y debate.	-Caracterizar distintas maneras de concebir el mundo en la antigua Grecia.	R2 R3
	¿Dónde surgió la ciencia y cómo se entendía en la antigüedad?		-Valorar la aparición de la Ciencia Moderna gracias a la unificación de la lógica y el experimento (aportaciones de Galileo y Kepler).	R4a
S3	¿Cómo funciona la ciencia? ¿Cómo es su metodología?	A4. Reflexión y debate en torno a la naturaleza de la metodología científica.	-Explicitar la visión que se tiene sobre el trabajo científico desde posiciones empiristas y positivistas.	R2 R3 R4a
	¿Cómo se organiza el conocimiento científico? ¿Cuáles son los productos de la ciencia?	A5. Lectura de artículo “Sobre leyes y teorías científicas” (Acevedo-Díaz et al., 2017). Cuestionario de reflexión y debate.	-Identificar los distintos productos de la ciencia (leyes, teorías, modelos) y reconocer las ideas inadecuadas comúnmente extendidas sobre ellos.	R7a
S4	¿Cuántas observaciones serían precisas para verificar algo?	A6. Lectura del cuento “Dani y el mago”. Cuestionario de reflexión y debate.	-Revisar y cuestionar aspectos sobre la visión positivista de la ciencia y cuestionar algunas de sus bases fundamentales:	R4c R8
	¿De verdad la inducción puede conducir a verificar las ideas científicas?	A7. Lectura de un fragmento del artículo de prensa: “Un eclipse para confirmar la Teoría de la Relatividad General” (de Augusto Beléndez). Cuestionario de reflexión y debate.	inducción, verificación, certeza, el lugar de la teoría en la investigación.	
	¿Siempre va primero la observación y luego la teoría?			
S5	¿Las teorías se verifican o se refutan?	A8. Presentación por parte del docente de la idea de falsación en contraposición a la de verificación.	-Introducir la idea de falsación, en oposición a la de verificación, como criterio de validez del conocimiento científico.	R4b R4c R8 R10a
	¿El conocimiento científico es provisional o definitivo?	A9. Lectura “La idea de elemento químico de Robert Boyle” (síntesis realizada a partir de fragmentos del libro “Breve historia de la Química (Isaac Asimov)) y cuestionario de reflexión.	-Aplicar las ideas manejadas en la A7 para la interpretación de un caso histórico.	
	¿Qué ocurre si una teoría es refutada por un experimento? ¿Se rechaza de inmediato?	A10. Lectura y discusión en torno a un texto de Lakatos sobre un caso imaginario de conducta anómala de un planeta.	-Asumir la resistencia de las teorías científicas para ser desplazadas, cuestionando así la idea de falsación e iniciando el camino hacia una visión más compleja.	R4d
S6	¿El conocimiento científico es cierto y	A11. Formulación de preguntas y presentación por parte del profesor de	-Aportar una primera aproximación a las bases	R10b

SESIÓN	PREGUNTAS ABORDADAS	ACTIVIDADES PLANTEADAS	INTENCIONES FORMATIVAS	REF.
	absoluto o es relativo?	las bases relativistas.	relativistas.	R11 R12 R13a
S7	¿Qué significa que la observación está cargada de teoría? ¿Cómo influyen aspectos sociales, religiosos, culturales y políticos? ¿Qué son los paradigmas? ¿Y los programas de investigación? ¿La ciencia avanza de manera cualitativa o a saltos? ¿Por qué se habla de revoluciones científicas? ¿Influye la sociedad en la ciencia?	A12. Estudios de casos: a) Ptolomeo vs. Copérnico; b) la teoría del flogisto de la oxidación vs. la de Lavoisier; c) la teoría de la Relatividad general vs. la teoría de Newton de la gravitación. A13. Síntesis, puesta en común y discusión en torno a las ideas manejadas en los estudios de caso históricos (A12). A14. Presentación por parte del profesor de las posiciones de Kuhn, Lakatos y Feyerabend.	-Ejemplificar mediante casos históricos las ideas manejadas en la actividad anterior. -Debatir y formular conclusiones a partir de los ejemplos estudiados. -Formalización de las ideas relativistas a través de las ideas de algunos autores relevantes: paradigmas, revoluciones científicas, programas de investigación, ausencia de un método único, etc.	R8 R12 R13a R6 R9 R12 R13a
S8	¿Trabajan los científicos en solitario? ¿Si la observación depende de la teoría y ésta última se resiste a cambiar, qué es lo que mueve la ciencia? Más allá de sus errores, ¿resulta útil la ciencia? ¿Para ello, cómo han de trabajar los científicos? ¿El trabajo científico es enteramente racional? ¿Qué oportunidades ha tenido la mujer para acceder a la ciencia y trabajar como científica?	A15. Lectura de extracto de la "Carta de Mendeleev" a su maestro (extraído de Cid-Manzano, 2009). Cuestionario de reflexión. A16. Análisis de la metáfora del huevo y la gallina y su traslación al ámbito epistemológico. A17. Presentación por el docente de una visión pragmática o instrumentalista de la ciencia: los problemas que se investigan, prioridades de investigación, Big Science (Toulmin). A18. Visionado de la película "Creadores de Sombra" (Roland Joffé, 1989) y cuestionario de reflexión. A19. Reflexiones y debate en torno a algunas implicaciones de las actividades desde A12 hasta A18. A20. Reflexión a partir de actividades anteriores sobre el papel de la mujer en las ciencias.	-Analizar el comienzo de los congresos y sociedades científicas y situar el papel de los debates, los convenios y controversias en la ciencia. -Avanzar hacia una visión cíclica del trabajo científico. -Aportar una visión pragmática o instrumentalista de la ciencia, en la que son los problemas los motores de la ciencia y en la que el saber se construye en una comunidad. -Analizar un estudio de caso: el proyecto Manhattan. -Diferenciar entre factores epistémicos y no epistémicos. -Analizar la presencia de la mujer en la ciencia.	R14a R5 R14a R14b R15 R12 R13a R14a R13b R14b
S9	¿Cómo interpretar la metodología científica desde una visión compleja que tenga en cuenta todas las ideas manejadas?	A21. Presentación por parte del profesor del ciclo de investigación. Discusión y debate.	-Representar el trabajo científico mediante un ciclo de investigación. -Aportar una visión compleja e integradora de la ciencia.	Todos

SESIÓN	PREGUNTAS ABORDADAS	ACTIVIDADES PLANTEADAS	INTENCIONES FORMATIVAS	REF.
	¿Con qué visión acerca de la ciencia quedarnos?	A.22 Visiones actuales. El papel de los modelos en la ciencia A23. Recapitulación, reflexión final. Debate.	Situar el papel de los modelos en la ciencia	
	¿Qué ideas tenemos al finalizar tras haber cursado este módulo?	A24. Tarea final: contestar de nuevo el cuestionario de NdC.	-Explorar las ideas finales.	
S10	¿Qué hemos aprendido y qué nos queda por aprender?	A25. Comparar las respuestas del cuestionario inicial y final.	-Análisis metacognitivo sobre lo aprendido.	Todos

Estudio retrospectivo

La comparación de resultados del cuestionario antes y tras finalizar la intervención, así como el autoinforme, aportaron información valiosa para hacer un balance de los logros alcanzados con el diseño descrito.

Los resultados sugieren que, tras el módulo impartido, los avances conseguidos fueron solo parciales, afectando a unos aspectos más que a otros e impactando con distinto alcance en función de los participantes. Así, más de la mitad del alumnado sigue considerando que, aunque incompleto, el conocimiento de la ciencia se corresponde con la realidad, contemplan el avance en el conocimiento como un proceso lineal y acumulativo, y siguen viendo la ciencia como una actividad objetiva. Así mismo, no hay cambios sustanciales en su visión del trabajo colectivo de los científicos. Sí se observan avances, en cambio, en la visión que mantienen de la metodología científica, de manera que solo uno de cada cuatro la sigue considerando como un proceso rígido en el marco positivista. También se apreciaron cambios notables en su visión sobre los productos de la ciencia, ya que solo uno de cada tres sigue teniendo dificultades para distinguir entre ley y teoría. Los aspectos para los que se observa una mayor evolución se refieren al papel de la mujer en la ciencia y a la relación ciencia y tecnología, ya que ahora más de dos tercios aluden a los problemas de invisibilización de las contribuciones de las mujeres o a factores discriminatorios dentro de la propia comunidad científica. En la misma línea de avance, más de la mitad del alumnado va mucho más allá de considerar a la tecnología como una mera aplicación de la ciencia.

La actividad final de autoinforme ofreció una nueva oportunidad de cambio, más afectiva aún que el resto del módulo. En unos casos los estudiantes se reiteraron en las respuestas ingenuas aportadas en el postest. No obstante, en una parte importante de ocasiones los participantes consiguieron nuevos avances, e incluso a veces reestructuraron sus puntos de vista, favorecidos por la nueva ocasión de reflexión metacognitiva y autorregulación brindada. Así, las concepciones ingenuas respecto la metodología científica y los productos de la ciencia cayeron a solo uno de cada cinco, y uno de cada ocho alumnos, respectivamente. Además, cuatro de cada diez empiezan a dudar de que el conocimiento científico se corresponda con la realidad y cerca de una cuarta parte estiman la posibilidad de que este conocimiento sea resultado de un proceso personal y socialmente subjetivo. Se producen cambios importantes también

en relación a la forma de trabajo de los científicos, ya que solo uno de cada diez reduce el trabajo colectivo al mero apoyo sobre las contribuciones anteriores, mientras que más de la mitad parece asumir ya que el trabajo colectivo implica reparto y complementariedad de esfuerzos, e incluso algunos hablan del papel de los congresos, publicaciones científicas, reuniones y debates.

En aquellos aspectos con mayor evolución en los alumnos tras la SEA, que son sobre el papel de la mujer en la ciencia y la relación ciencia tecnología, se observa cómo la actividad de reflexión favorece una evolución más generalizada hacia visiones más formadas. Con respecto a la participación y control social de la ciencia, en la reflexión final se afianza la evolución iniciada por los alumnos, de modo que solo algo más de un tercio del alumnado reduce el papel de la ciudadanía ante la ciencia al ejercicio en acciones individuales, mientras que una proporción similar contempla ya una participación social a nivel colectivo.

Conclusiones

Dando respuesta al primer objetivo de la investigación, los resultados obtenidos en el estudio preliminar de las creencias de los futuros profesores sobre las visiones de la ciencia concuerdan con las mostradas en otros trabajos (Acevedo-Díaz & Acevedo-Romero, 2002). De este modo se ha observado que entre los egresados predominan algunas creencias empiristas ingenuas, tales como el carácter lineal y centrado en la observación del proceso científico, o la consideración del conocimiento científico como algo real, absoluto, acumulativo y objetivo. Sin embargo, también se observan, aunque sea de manera minoritaria, otras visiones diferentes de la NdC más complejas.

En parte, estos resultados se justifican por el hecho de que los futuros profesores, por lo general, han tenido pocas oportunidades durante su formación académica para reflexionar sobre la propia NdC y su importancia. En este sentido, consideramos que el estudio de la historia y NdC se manifiesta como un elemento fundamental y de transición entre la formación científica y la formación didáctica que se imparte en el MAES, proporcionando la oportunidad de realizar esta necesaria reflexión epistemológica, que no han hecho anteriormente, y que podría contribuir a mejorar la propia fundamentación didáctica de sus áreas de conocimiento (Vázquez et al., 2004), además, de mostrarles otra visión diferente tanto de la ciencia como la formación científica con la que están familiarizados.

Por último, los resultados hallados en el estudio retrospectivo parecen refrendar los principios seguidos en el diseño de la SEA que se presenta en este trabajo (2º objetivo), la cual ha favorecido la evolución de los estudiantes en sus concepciones sobre NdC, aunque no en todos, hasta posiciones tanto intermedias como formadas (3º objetivo). De este modo, se observa cómo el aprendizaje activo, el protagonismo dado a los referentes de aprendizaje, la ejemplificación y análisis a partir de los casos históricos, han permitido una evolución en las concepciones de la NdC en aspectos como la comprensión de los productos de la ciencia o la concepción del conocimiento científico. Así mismo, la reflexión y la metacognición ha ayudado en esta evolución como así muestran el análisis de la actividad final que consistió en un informe reflexivo. Por otro lado, la secuenciación de los contenidos siguiendo un cierto orden cronológico

y diferenciado de las distintas visiones de sobre NdC ha permitido ilustrar diversos puntos de vista sobre la misma, sin imponer ninguna de ellas como la perspectiva aceptable, sino más bien aportando una visión integradora de todas ellas, valorando tanto sus aportaciones como sus limitaciones.

Agradecimientos

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

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito, o en la decisión de publicar los resultados.

Contribuciones de los autores

Los autores declaran que el artículo ha sido planificado, realizado y escrito conjuntamente y de forma colegiada por los tres autores, y que su contenido formará parte de la tesis doctoral del primer autor, siendo los coautores sus directores de tesis.

Referencias

- 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. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- 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. [https://doi-org.bibezproxy.uca.es/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<491::AID-SCE5>3.0.CO;2-6](https://doi-org.bibezproxy.uca.es/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<491::AID-SCE5>3.0.CO;2-6)
- Acevedo, J. A. (2006). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 370-391. <http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensin divulg cienc.2006.v3.i3.03>
- Acevedo, J. A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46. <http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensin divulg cienc.2009.v6.i1.02>
- Acevedo, J. A. (2009b). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), 164-189. <http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensin divulg cienc.2009.v6.i2.01>
- 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), número especial. <https://doi.org/10.35362/rie2912936>
- 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. <http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2016.v3.i3.02>
- Acevedo, J. A., García-Carmona, A., y Aragón, M. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia: Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).
- Acevedo, J. A., Vázquez-Alonso, A., Masassero-Mas, M. A., y Acevedo-Romero, P (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Fundamentos de una investigación empírica: Fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66. <http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2007.v4.i1.04>
- 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. [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. <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9868-y>
- Benarroch, A., Cepero, S., y Perales, J. (2013). Implementación del Máster de Profesorado de Secundaria: aspectos metodológicos y resultados de su evaluación. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (Núm. Extraordinario), 584-593. <http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2013.v10.iextra.08>
- Carrascosa, J., Martínez-Torregrosa, J., Furió, C., y Guisasola, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 118-133. <http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2008.v5.i2.01>
- 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.
- García, J. E., y Cubero, R. (2000). Constructivismo y formación inicial del profesorado. *Investigación en la Escuela*, 42, 55-66.
- 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. <http://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>
- García-Carmona, A., y Acevedo Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education rationale of a set of essential pedagogical principles. *Science & Education*, 27, 435-455. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9>

- Guisasola, J., Ametller, J., y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el Diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1801-1818.
<http://doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2021.v18.i1.1801>
- Guisasola, J., y Oliva, J. M. (2020). Nueva sesión especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza aprendizaje. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3001.
<https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2020.v17.i3.3001>
- 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.
- Hewson, P. W. (1993). Constructivism and reflective practice in science teacher education. En M. L. Montero y J. M. Vez (Eds.): *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 259-275). Tórculo.
- Hodson, D. (1986). Philosophy of Science and Science Education. *Journal of Philosophy Education*, 20(2), 215-225.
- Jiménez-Tenorio, N., y Oliva, J. M. (2016a). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136.
<http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2016.v13.i1.09>
- Jiménez-Tenorio, N., y Oliva, J. M. (2016b). Análisis reflexivo de profesores de ciencias de secundaria en formación inicial en torno a diferentes secuencias didácticas. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 423-439.
<http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2016.v13.i2.14>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, presente and future. En S. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-880). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- 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. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.5072.9923>
- Martínez-Aznar, M^a.M.; Varela Nieto, P.; Ezquerro Martínez, A., y Sotres Díaz, F. (2013). Las Unidades Didácticas escolares, basadas en competencias, como eje estructurante de la Didáctica de la Física y Didáctica de la Química para la formación inicial de profesores de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9, 616-629.
<http://dx.doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2013.v10.iextra.09>
- McComas, W.F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17, 249-263.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y>
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A.,

- Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R., y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32.3, 11-36.
- Negrillo, C., y Iranzo, P. (2009). Formación para la inserción profesional del profesorado novel de educación infantil, educación primaria y educación secundaria: hacia la reflexión desde la inducción y el soporte emocional. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de profesorado*, 13(1), 157-181.
- Oliva, J. M. (2011). Dificultades para la implicación del profesorado de Educación Secundaria en la lectura, innovación e investigación en didáctica de las ciencias (I): el problema de la inmersión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 41-53.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i1.04
- Oliva, J. M., Vicente Martorell, J., y Jiménez-Tenorio, N. (2021). *Materiales docentes para el módulo de Naturaleza e historia de la Ciencia. Complementos de Formación Disciplinar. Especialidad de Física y Química*. Rodin: Repositorio institucional de la Universidad de Cádiz. <https://rodin.uca.es/handle/10498/25798?locale-attribute=es>
- 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.
<https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Pontes, A., y Poyato, F. J. (2016). Análisis de las concepciones del profesorado de secundaria sobre la enseñanza de las ciencias durante el proceso de formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 705-724. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.14
- Pontes, A., Poyato, F. J., y Oliva, J. M. (2016a). Creencias sobre el aprendizaje de las ciencias de los estudiantes del máster de profesorado de enseñanza secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 30, 137-163.
<https://doi.org/10.7203/DCES.31.7881>
- Pontes, A., Poyato, F. J., y Oliva, J. M. (2016b). Concepciones sobre evaluación en la formación inicial del profesorado de ciencias, tecnología y matemáticas. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 9(1), 91-107.
- Pro Bueno, A., Pro Chereguini, C., y Cantó Domenech, J. (2022). ¿Qué problemas tiene la formación de maestros para enseñar ciencias en educación primaria? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, en prensa.
- Schwartz, R. S., y Lederman, N.G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
<https://doi.org/10.1002/tea.10021>
- Solbes, J., y Gavidia, V. (2013). Análisis de las Especialidades de Física y Química y de Biología y Geología del máster de profesorado de educación secundaria de la Universidad de Valencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, número extraordinario, 594-615.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.iextra.07

- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero Mas, M. A., y Acevedo, P. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34 (1), número especial. <https://doi.org/10.35362/rie3412895>
- 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. <https://doi.org/10.25267/Rev Eureka ensin divulg cienc.2012.v9.i1.02>