

# La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década

## The nature of science in the Spanish literature on science education: a systematic review covering the last decade

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507

Antonio García-Carmona

*Universidad de Sevilla*

### Resumen

La comprensión de la naturaleza de la ciencia (NDC) constituye un pilar fundamental en la alfabetización científica de la ciudadanía. Sin embargo, aún no se dispone de información suficiente y detallada sobre el estado actual de la cuestión relativa a la enseñanza de la NDC en España. En consecuencia, se decidió hacer una revisión sistemática del asunto en la bibliografía española sobre educación científica de la última década. El estudio se concretó en las siguientes preguntas de investigación: (1) ¿Qué atención ha recibido la NDC en artículos de investigación e innovación, publicados en revistas españolas de Educación durante el periodo 2010-2019? (2) ¿Qué tipos de trabajos sobre enseñanza de la NDC se abordan en esos artículos? (3) ¿Qué etapas educativas y población (estudiantes y profesorado) son objeto de estudio, en relación con la enseñanza de la NDC? (4) ¿Qué aspectos de NDC son abordados en su enseñanza? (5) ¿Qué contextos o escenarios son empleados en la enseñanza de la NDC? La población seleccionada para el estudio fue el conjunto de 230 revistas españolas de Educación, indexadas en 'Dialnet Métricas' (2018). La revisión sistemática se hizo aplicando los procedimientos estándares de la declaración PRISMA y métodos de análisis cualitativo de contenido. La muestra final analizada estuvo conformada por 88 artículos, publicados en 17 revistas diferentes. Los resultados indican que la NDC ha sido infra-atendida en la educación científica española, en general, y especialmente en Educación Primaria, pese a que su comprensión forma parte

de la competencia científica en las pruebas PISA. Se concluye que la enseñanza de la NDC es aún bastante incipiente en la educación científica del país, y que existe una brecha significativa entre investigación y práctica al respecto. Se finaliza con algunas recomendaciones para promover y mejorar la enseñanza de la NDC desde los niveles educativos básicos.

*Palabras clave:* alfabetización científica, aspectos epistémicos y no-epistémicos, educación científica, naturaleza de la ciencia, PRISMA, revisión sistemática

### **Abstract**

The understanding of the nature of science (NOS) constitutes a key pillar of citizens' scientific literacy. However, no sufficient and detailed information on the state of NOS teaching in Spain is as yet available. Consequently, it was decided to conduct a systematic review of the topic in the Spanish literature on science education corresponding to the last decade. The study was guided by the following research questions: (1) What attention has NOS received in research and innovation articles published in Spanish Education journals during the period 2010-2019? (2) What types of studies about the teaching of NOS are covered in these articles? (3) What are the educational stages and (student and teacher) populations studied in regard to the teaching of NOS? (4) What aspects of NOS are addressed in its teaching? And (5) what are the contexts or settings used in teaching NOS? The object population of this systematic review was the set of 230 Spanish Education journals indexed in 'Dialnet Métricas' (2018), and the standard PRISMA statement procedures and qualitative content analysis methods were applied in carrying it out. The final sample analysed comprised 88 articles published in 17 journals. The results indicate that NOS has been under-served in Spanish science education in general, especially in Primary Education, even though its understanding is part of the scientific competence assessed in PISA tests. It is concluded that NOS teaching is still at a quite incipient stage in science education in Spain, and there is a significant gap between research and practice in this respect. Finally, some recommendations are made in order to foster and improve NOS teaching from the basic levels of education onwards.

*Key words:* epistemic and non-epistemic aspects, nature of science, PRISMA, science education, scientific literacy, systematic review

## **Introducción**

La comprensión de la *naturaleza de la ciencia* (NDC) está considerada un pilar fundamental en la alfabetización científica de la ciudadanía

(Lederman, 2007; McComas, 2020). Shamos (1995) subraya la importancia de aprender sobre NDC argumentando que cuando las personas valoran asuntos públicos relacionados con la ciencia, suelen recurrir a sus conocimientos sobre esta, independientemente de si estos son más o menos adecuados. Esta perspectiva cobra especial relevancia en el momento presente, dada la sobreinformación existente en los medios de comunicación de masas, redes sociales, etc. como fuentes primarias de información científica para la mayor parte de la ciudadanía (Höttecke y Allchin, 2020). Por tanto, puede decirse que existen razones utilitaristas, democráticas, culturales, axiológicas y educativas para justificar la integración de un conocimiento básico sobre NDC en el currículo de ciencia escolar (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996).

Todo ello plantea la necesidad de promover un conocimiento básico sobre NDC desde los niveles educativos iniciales (Akerson *et al.*, 2011). Primeramente, porque es conveniente comenzar el desarrollo de una alfabetización científica básica desde edades tempranas; y, en segundo lugar, porque diversos estudios revelan la viabilidad de aprender sobre aspectos básicos de NDC en Educación Primaria (Akerson y Donnelly, 2010; Cakici y Bayir, 2012).

Conscientes de la necesidad de lograr una sociedad alfabetizada científicamente, algunos programas marco de innovación e investigación como, por ejemplo, el proyecto europeo *Horizon 2020*<sup>1</sup> están promoviendo entre sus fines que la ciudadanía se interese por la ciencia e interaccione de manera activa, crítica y responsable con los distintos actores e instituciones que propician el desarrollo científico-tecnológico. Y, qué duda cabe, esas interacciones se producirán con mayor criterio y responsabilidad si se posee una buena comprensión de la NDC (Laherto *et al.*, 2018). La importancia de ello se reconoce de manera explícita en las pruebas PISA (OECD, 2019), donde la evaluación de la competencia científica incluye la comprensión de nociones básicas sobre NDC; en este caso, bajo la etiqueta de *conocimientos epistémicos*. Así se justifica en el marco teórico del programa PISA sobre la evaluación de la competencia científica (OECD, 2019): “... *understanding science as a practice also requires “epistemic knowledge”, which refers to an understanding of the*

---

<sup>(1)</sup> Disponible en <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/science-and-society>

*role of specific constructs and defining features essential to the process of building scientific knowledge*” (p. 100).

Pero ¿cuál es la situación de la enseñanza de la NDC en España? En la bibliografía de investigación educativa publicada en este país, durante la última década, existen algunos estudios de revisión sobre el estado de la NDC en la educación científica (Acevedo y García-Carmona, 2016; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2012; Marín, Benarroch y Niaz, 2013). Sin embargo, estos trabajos, además de no plantearse como revisiones sistemáticas, se enfocaron con una perspectiva internacional; por tanto, no inciden en las particularidades que estarían caracterizando el estatus de la NDC en la educación científica que se proyecta en este país. En consecuencia, se decidió llevar a cabo un estudio de revisión sistemática de la producción bibliográfica española en la década más reciente, con respecto a la enseñanza de la NDC. Las preguntas de investigación que guiaron el estudio son las siguientes:

- (1) ¿Qué atención ha recibido la NDC en artículos de investigación e innovación, publicados en revistas españolas de Educación durante el periodo 2010-2019?
- (2) ¿Qué tipos de trabajos sobre enseñanza de la NDC se abordan en esos artículos?
- (3) ¿Qué etapas educativas y población (estudiantes y profesorado) son objeto de estudio, en relación con la enseñanza de la NDC?
- (4) ¿Qué aspectos de NDC son abordados en su enseñanza?
- (5) ¿Qué contextos o escenarios son empleados en la enseñanza de la NDC?

## Naturaleza de la ciencia en la educación científica

### Qué enseñar sobre naturaleza de la ciencia

La NDC puede definirse como un *metaconocimiento sobre la ciencia* (*i.e.*, qué es la ciencia, cómo se origina y desarrolla, cuáles son sus límites, etc.), que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia (Acevedo y García-Carmona, 2016). Pero ¿qué enseñar sobre NDC? La respuesta no es sencilla cuando se trata de llevar al aula un metaconocimiento tan

amplio y poliédrico. Por un lado, hay que seleccionar aquellos aspectos de la NDC que puedan ser más interesantes, representativos y/o viables para la alfabetización científica en cada nivel educativo; y, por otro, determinar el grado de aproximación o profundidad con el que abordar tales aspectos en cada uno de esos niveles. En consecuencia, se está ante un asunto complejo sobre el que aún existe un debate candente dentro de la comunidad internacional de educación científica (Acevedo y García-Carmona, 2016; Wallace, 2017).

Aun así, una de las propuestas de contenidos escolares sobre NDC, que ha predominado en el panorama internacional durante la última década, es la de Lederman (2007). Su propuesta educativa se centra, fundamentalmente, en la comprensión de *aspectos epistémicos de la ciencia*; esto es, aspectos cognitivos o racionales sobre la construcción y establecimiento del conocimiento científico (diferencias entre ley y teoría científica, diferencias entre observación e inferencia, las observaciones están cargadas de teoría, el conocimiento científico es tentativo pero durable, subjetividad en la ciencia, diversidad metodológica de la ciencia, etc.). Con lo cual, los aspectos contextuales, sociales y psicológicos relacionados con la ciencia y los científicos (*i.e.*, *aspectos no-epistémicos de la ciencia*) reciben una atención mínima o secundaria. En efecto, Lederman solo se refiere a estos de manera parca y muy genérica, aludiendo a que la construcción de conocimiento científico está influenciada por el contexto cultural y social.

Sin embargo, la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia revelan la influencia de múltiples aspectos no-epistémicos en el desarrollo de esta (Acevedo, García-Carmona y Aragón, 2017; García-Carmona, 2021a). Por tanto, la comprensión de estos aspectos debería recibir una atención similar a la que se da a los de tipo epistémico, en aras de lograr una enseñanza básica y holística de la NDC. Esta perspectiva está tomando impulso en el ámbito internacional de la educación científica. Por ejemplo, Irzik y Nola (2014) proponen que la comprensión sobre NDC incluya la *dimensión social e institucional de la ciencia*; esto es, actividades profesionales, certificación y diseminación del conocimiento científico, conductas científicas, valores sociales, etc. Dagher y Erduran (2016) sugieren añadir a esta dimensión las organizaciones e interacciones sociales, estructuras de poder público y financiación de la ciencia. Martins (2015) plantea que la enseñanza sobre NDC contenga un eje histórico y sociológico, que integre el papel de los científicos y la comunidad

científica, la intersubjetividad, la comunicación científica, las cuestiones morales, éticas y políticas de la ciencia, así como las influencias sociales e históricas. García-Carmona y Acevedo (2018) proponen una enseñanza de la NDC holística, que atienda tanto a aspectos epistémicos como no-epistémicos de la ciencia, de una manera equilibrada; a saber:

- *Aspectos epistémicos de la NDC:* (i) naturaleza de los procesos de la ciencia (influencia de las creencias y habilidades de los científicos en sus investigaciones, papel de los modelos y la modelización en ciencia, observación *vs.* inferencia, papel de las preguntas e hipótesis en la ciencia, papel del error en la ciencia, relaciones entre los diseños de investigación y los resultados empíricos, diversidad metodológica en la investigación científica, etc.); y (ii) naturaleza del conocimiento científico (diferencias entre leyes y teorías científicas, carácter provisional del conocimiento científico, etc.).
- *Aspectos no-epistémicos de la NDC:* (i) factores internos a la comunidad científica (papel de la comunicación científica, personalidad de los científicos, género en la ciencia, colaboración y competitividad científica, relaciones profesionales entre científicos, etc.); y (ii) factores externos a la comunidad científica (influencias políticas, económicas y culturales en la ciencia -y viceversa-, ciencia y religión, el papel de los medios de comunicación en la divulgación de la ciencia, etc.).

## Cómo enseñar sobre naturaleza de la ciencia

Existe un amplio consenso, derivado de resultados de investigación empírica, respecto a que la mejor forma de aprender sobre NDC es mediante un enfoque didáctico explícito y reflexivo (Clough, 2018; Lederman, 2007). Ello se traduce en que la NDC debería ser concebida como (García-Carmona, 2021b): (i) un contenido curricular específico con objetivos de aprendizajes propios, cuya implementación en el aula requiere (ii) el diseño de actividades que promuevan en el alumnado la reflexión y discusión sobre aspectos de NDC, así como (iii) un proceso de evaluación apropiado para conocer el grado de comprensión alcanzado por los estudiantes, detectar sus dificultades de aprendizaje, y determinar

el *feedback* necesario para ayudarles a mejorar su comprensión sobre ellos.

Por otra parte, la enseñanza de la NDC puede planificarse de forma integrada con los demás contenidos de ciencia escolar, como contenido descontextualizado de estos, o mediante una combinación de ambas estrategias (Acevedo y García-Carmona, 2016). Algunos estudios señalan que la comprensión de los estudiantes sobre NDC es independiente de si esta se integra o no con otros del currículo de ciencia (Khishfe y Lederman, 2007). Si bien, la integración de la NDC con los demás contenidos del currículo puede tener la ventaja de que apenas alteraría la programación prevista para un curso de ciencia (Bell, Mulvey y Maeng, 2012).

Además de lo anterior, se recomienda seleccionar contextos o escenarios concretos que ayuden a los estudiantes a reconocer, reflexionar y discutir sobre determinados aspectos de NDC para mejorar su comprensión de estos. Los tres contextos más habituales para promover la comprensión de la NDC, según la bibliografía internacional, son los siguientes (Acevedo y García-Carmona, 2016; García-Carmona *et al.*, 2012):

- (i) *Aprendizaje sobre aspectos de NDC en el seno de indagaciones científicas escolares* (adecuación del procedimiento experimental a la pregunta de indagación; influencia del procedimiento elegido en los resultados obtenidos; diferencia entre lo observado e inferido; efecto de la instrumentación empleada en la toma de datos; diferencia entre datos y evidencias; etc.).
- (ii) *Aprendizaje sobre aspectos de NDC mediante el análisis de problemáticas científicas y socio-científicas contemporáneas* (indicadores de fiabilidad, sociología interna y externa de la ciencia, etc.).
- (iii) *Aprendizaje sobre aspectos de NDC a partir del análisis de pasajes de la historia de la ciencia* (desarrollo de las teorías científicas, relaciones ciencia-sociedad en cada época histórica, etc.).

## Metodología

De acuerdo con Ferreira, Urrutia y Alonso-Coello (2011), una revisión sistemática es una investigación científica en la que la unidad de análisis

es el conjunto de estudios originales primarios, que son seleccionados para responder a un problema de investigación mediante un proceso metódico y explícito. En consecuencia, a fin de limitar el sesgo y el error aleatorio, la revisión sistemática llevada a cabo se trazó bajo las tres premisas generales siguientes (Ferreira *et al.*, 2011, p. 689):

- La búsqueda sistemática y exhaustiva de todos los artículos potencialmente relevantes.
- La selección, mediante criterios explícitos y reproducibles, de los artículos que serán incluidos finalmente en la revisión.
- La descripción del diseño y la ejecución de los estudios originales, la síntesis de los datos obtenidos y la interpretación de los resultados.

El proceso sistemático seguido en la selección de los artículos para analizar estuvo basado en las orientaciones de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher, Liberati, Tetzlaff y Altman., 2009), tal y como sigue:

■ **Identificación:**

- Período de publicación: 2010-2019 (ambos inclusive).
- Período de búsqueda: tercer trimestre de 2019.
- Población de revistas:
  - Se parte del conjunto de revistas españolas de Educación, indexadas en la base de datos Dialnet y con índice de impacto acumulado en 'Dialnet Métricas' (2018)<sup>2</sup>: 229 revistas.
  - Se añade como excepción la revista *Ápice. Revista de Educación Científica*, específica de didáctica de las ciencias experimentales, que, si bien está indexada en Dialnet, aún no tiene índice de impacto acumulado en Dialnet Métricas por ser de reciente creación (2017). De modo que la población objeto de análisis está compuesta finalmente por 230 revistas.

■ **Cribado:**

- Se descartan directamente las revistas de didácticas específicas diferentes a la didáctica de las ciencias experimentales, tales como Educación Física, Didáctica de la Lengua, Didáctica de las Matemáticas, Educación Musical, Teoría de la Educación, Orientación Educativa, etc.

---

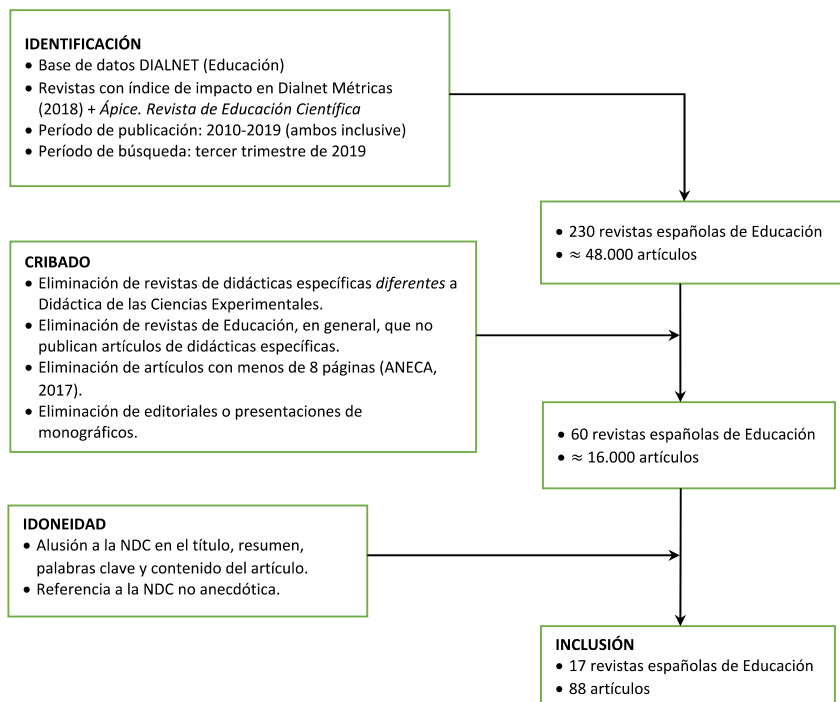
<sup>(2)</sup> <https://dialnet.unirioja.es/metricas/ambito/1/edicion/2018>



- Se descartan artículos con menos de ocho páginas (ANECA, 2017), así como editoriales o presentaciones de monográficos.
- **Idoneidad:**
  - Se seleccionan artículos de investigación, innovación y ensayos de opinión, fundamentación, etc., que hacen alusión a la NDC en el título, resumen y/o palabras clave.
  - Se comprueba, además, que tal alusión no es meramente anecdótica.
  - Para determinar la alusión a temas de NDC, se tienen en cuenta términos habituales en la bibliografía, al respecto, como: creencias o concepciones epistémicas, epistemología de la ciencia, naturaleza de la actividad científica, naturaleza de la ciencia, naturaleza del conocimiento científico, concepciones o ideas sobre la ciencia, imagen o visiones de la ciencia, historia de la ciencia, sociología de la ciencia, relaciones ciencia-tecnología-sociedad, etc.
  - Dado que algunas de las revistas revisadas publican también artículos en inglés, portugués, gallego o catalán, la búsqueda de tales términos se hizo en el idioma correspondiente.
- **Inclusión:** 17 revistas españolas de Educación y un total de 88 artículos.

La aplicación de todos estos criterios de selección se sintetiza en el diagrama de flujo de la figura I.

FIGURA I. Diagrama de flujo sobre el proceso seguido para la selección de artículos.



## Análisis del contenido de los artículos

El contenido de los artículos fue analizado desde una perspectiva descriptiva, siguiendo los procedimientos estándares para análisis cualitativos de contenido (Mayring, 2000). Para ello, se utilizó un protocolo de análisis con diferentes dimensiones (tabla I), cuyo diseño inicial se hizo teniendo en cuenta el marco teórico descrito y las preguntas de investigación formuladas. El protocolo de análisis fue concebido como un instrumento dinámico (abierto y flexible), que fue depurándose a lo largo del análisis, a fin de conseguir las mejores respuestas posibles a tales preguntas (Cáceres, 2003).

Con objeto de proveer de fiabilidad al estudio, la muestra fue analizada por el autor en tres fases sucesivas, siguiendo procedimientos habituales en análisis intra-observadores (Padilla, 2002):

- **Fase I.** Aproximadamente tres meses después de elaborar la primera versión del protocolo, se hizo un análisis preliminar de la muestra de artículos, examinando solo sus títulos, resúmenes y palabras clave. Ello permitió depurar el protocolo diseñado inicialmente. Por ejemplo, la versión inicial de este constaba de las siguientes cinco dimensiones: I. Tipos/propósitos del trabajo; II. Nivel educativo; III. Población objeto de estudio; IV. Aspectos de NDC; y V. Contextos empleados para enseñar NDC. Sin embargo, tras el análisis preliminar se decidió agrupar en una misma dimensión el “nivel educativo” y la “población de estudio” (dimensión II), así como separar en esta los estudios sobre formación de profesorado (dimensión II.B) del resto (dimensión II.A).
- **Fase II.** Un mes después, se hizo un nuevo análisis de los artículos con el protocolo depurado en la primera fase, incluyendo ahora la consulta de las secciones de metodología y conclusiones de estos. Se hicieron algunos ajustes más en el protocolo consistentes, básicamente, en hacer determinadas reagrupaciones y disgregaciones en los tipos de trabajos; por ejemplo, integrar bajo un mismo indicador trabajos que analizan materiales didácticos (e.g., libros de texto) y prescripciones curriculares oficiales, así como separar de estos los meta-análisis y revisiones bibliográficas. En esta fase se obtuvo el protocolo de análisis definitivo (tabla I) porque, a criterio del investigador, contenía ya las dimensiones e indicadores apropiados para responder razonablemente a los problemas de investigación establecidos (Bengtsson, 2016).
- **Fase III.** Unas dos semanas más tarde, se volvió a analizar la muestra de artículos aplicando nuevamente la versión definitiva del protocolo. Con objeto de estimar el grado de fiabilidad intra-observador, se calculó el porcentaje de concordancia entre los datos tomados en ambas ocasiones.<sup>3</sup> Sobre un total de 352 datos, se logró una coincidencia del 94,3%. Las pocas discrepancias entre los dos análisis consecutivos (5,7% de los datos) eran debidas, en parte, a errores de etiquetado en la codificación; con lo cual, solo hubo que hacer las correcciones pertinentes. En los demás casos, se había considerado una clasificación diferente; por tanto,

---

<sup>(3)</sup> No se estimó necesario calcular un índice *Kappa* porque, al tratarse de un análisis intra-observador, el requisito que justifica el empleo de tal estadístico (i.e., la posibilidad de que los acuerdos fueran debidos al azar) no se daba; el cual puede tener más sentido en análisis inter-observadores.

estos últimos se revisaron otra vez hasta tomar una decisión sobre su catalogación definitiva, de acuerdo con la versión final del protocolo de análisis.

**TABLA I.** Protocolo para el análisis del contenido de la muestra de artículos seleccionada.

|  |   |                                      |   |
|--|---|--------------------------------------|---|
| I. Tipos de trabajo                          | 1. Diseño fundamentado de propuestas y recursos para enseñar NDC  | A. Enfoque explícito y reflexivo     | a. Contextualizado en otros contenidos de ciencia escolar |
|  |   |                                      | b. No contextualizado                                     |
|  | 2. Experimentación de propuestas didácticas sobre NDC   | B. Enfoque implícito                 | a. Contextualizado en otros contenidos de ciencia escolar |
|  |   |                                      | b. No contextualizado                                     |
|  | 3. Análisis de prescripciones curriculares, recursos educativos, programas, informes, etc., referidos a la enseñanza de NDC |                                      |   |
|  | 4. Diseño y validación de instrumentos para evaluar concepciones sobre NDC  |                                      |   |
|  | 5. Análisis de concepciones y creencias sobre NDC   |                                      |   |
|  | 6. Meta-análisis, revisiones bibliográficas, etc. sobre NDC   |                                      |   |
|  | 7. Ensayos de opinión, reflexión y posicionamiento, propuestas de marco teórico, etc.                                       |                                      |   |
| II. Nivel educativo/<br>Población de estudio | A) Estudiantes de / centrado en:  | B) Formación de profesorado          |   |
|  | 1. Educación Primaria   | 1. Educación Primaria                |   |
|  | 2. Educación Secundaria Obligatoria (ESO)   | 2. Educación Secundaria (ESO y Bac.) |   |
|  | 3. Bachillerato (Bac.)  | 3. Universidad                       |   |
|  | 4. Universidad  | 4. Mixto                             |   |
|  | 5. Mixto, longitudinal  |                                      |   |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| III. Aspectos de NDC                                | 1. Epistémicos   |  |  |
|   | 2. No-epistémicos  |  |  |
|   | 3. Ambos tipos   |  |  |
| IV. Contextos/escenarios empleados para enseñar NDC | 1. Historia de la ciencia  |  |  |
|   | 2. Asuntos científicos y socio-científicos contemporáneos                      |  |  |
|   | 3. Indagaciones científicas escolares  |  |  |
|   | 4. Otros (misceláneas de los anteriores, inespecíficos, ciencia ficción, etc.) |  |  |

## Resultados

### Atención a la naturaleza de la ciencia en las revistas españolas de Educación: una primera visión general

Se encuentra que 17 revistas españolas de Educación (un 7,6% de las 230 revistas consideradas) publicaron algún artículo sobre NDC en el periodo 2010-2019 (tabla II). El número total de artículos localizados sobre el tema es 88; el cual constituye un ínfimo 1,4% del total de artículos publicados por tales revistas durante la mencionada década (6242 artículos). En la misma tabla II puede observarse también que la mayor parte de estos artículos (72 de los 88 artículos) fueron publicados en las revistas específicas de didáctica de las ciencias experimentales (*i.e.*, REEDC, REEC, EC, ALB, APICE y DCES). Sin embargo, estos solo suponen el 4,4% de la totalidad de artículos sobre educación científica que se publicaron en el conjunto de estas revistas, siendo REEC la que cuenta con una proporción mayor de artículos dedicados a la NDC (el 6,9%).

**TABLA II.** Cantidad y proporción de artículos sobre NDC, publicados en revistas españolas de Educación durante el periodo 2010-2019.

| <b>Revista</b>  | <b>Nº. de artículos publicados en el periodo 2010-2019</b> | <b>Nº. de artículos referidos a naturaleza de la ciencia (%)</b> |
|---|--|--|
| Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (REEDC)        | 418  | 23 (5,5%)  |
| Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)                     | 276  | 19 (6,9%)  |
| Enseñanza de las Ciencias (EC)  | 354  | 17 (4,8%)  |
| Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales (ALB)                   | 426  | 9 (2,1%)   |
| Revista Iberoamericana de Educación (RIE)                                   | 1133   | 4 (0,4%)   |
| Ápice. Revista de Educación Científica (APICE)                              | 34   | 2 (5,9%)   |
| Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales (DCES)                  | 139  | 2 (1,4%)   |
| Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado (PROF)        | 788  | 2 (0,3%)   |
| Revista de Educación (REDU)   | 603  | 2 (0,3%)   |
| Qurrículum. Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa (QURR)    | 90   | 1 (1,1%)   |
| Campo Abierto. Revista de Educación (CAB)                                   | 171  | 1 (0,6%)   |
| Journal for Educators, Teachers and Trainers (JETT)                         | 233  | 1 (0,5%)   |
| Educator (ED)   | 207  | 1 (0,5%)   |
| Revista Española de Pedagogía (REP)   | 265  | 1 (0,4%)   |
| Educatio Siglo XXI (EDUSGXXI)   | 345  | 1 (0,3%)   |
| Educación XXI (EDUXXI)  | 300  | 1 (0,3%)   |
| Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado (REIFP) | 460  | 1 (0,2%)   |
| <b>Total</b>  | <b>6242</b>  | <b>88 (1,4%)</b>   |

Por otra parte, en el gráfico I se muestra la distribución de los artículos de NDC por años de publicación, dentro del período considerado. Salvo en 2012 y 2013, en los que se publicaron 14 y 17 artículos, respectivamente, en el resto de los años el número de estos no fue mayor de diez. Se trata de una cantidad, en general, ostensiblemente baja si se tiene en cuenta que, por ejemplo, en los años 2011, 2017 y 2019 el número de artículos publicados no sale ni siquiera a uno por revista de las específicas de didáctica de las ciencias experimentales.

En cuanto a la autoría, el 55,2% de los artículos de NDC está escrito por autores con afiliación en algún centro o institución española, el 11,5% corresponde a autores extranjeros (Brasil, Argentina, Colombia, México, Chile, EE. UU., etc.), y un 33,3% de la muestra tiene autoría mixta, es decir, con autores españoles y extranjeros conjuntamente. Si bien, respecto a esta última porción de artículos, siete (un 8% de la muestra total) se refieren o centran en el contexto educativo español. Por consiguiente, solo el 62,2% de los artículos de NDC publicados en España se enmarcan en la realidad contextual de la educación científica de este país.

Como datos adicionales de esta visión global de análisis, se observa que los autores más proliferos en la temática analizada, durante el periodo de tiempo analizado, son, por este orden, Ángel Vázquez (22 artículos), María A. Manassero (18 artículos), Antonio García-Carmona (9 artículos) y José Antonio Acevedo-Díaz (4 artículos). Asimismo, cabe añadir que el 85,1% de los artículos está escrito en lengua española, y el resto (14,9%) en portugués.

**GRÁFICO I.** Evolución de la producción de artículos sobre NDC en revistas españolas, en la última década (2010-2019).

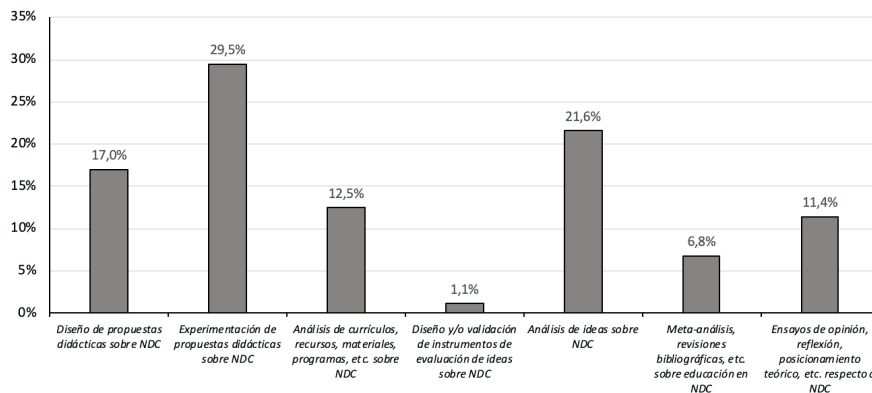


### Tipología de trabajos sobre enseñanza de la naturaleza de la ciencia

La variedad de trabajos sobre enseñanza de la NDC se representa en el gráfico II. Sin que ninguna tipología alcance la tercera parte de la muestra de artículos, la más abundante es la referida a la experimentación de propuestas didácticas sobre NDC (29,5%), seguida de análisis diagnósticos de ideas sobre esta (21,6%). A cierta distancia porcentual, se encuentran trabajos de diseño de propuestas didácticas para la enseñanza de NDC (17%), de análisis de currículos, materiales y recursos relacionados con esta (12,5%) y ensayos de opinión, reflexión y/o posicionamientos teóricos al respecto (11,4%). Bastante más escasos son los trabajos de revisión bibliográfica y meta-análisis (6,8%), así como casi insignificantes los concernientes al diseño y validación de instrumentos para evaluar ideas sobre NDC (1,1%).



GRÁFICO II. Tipos de trabajos sobre enseñanza de la NDC en la muestra de artículos analizada.



Los trabajos que diagnostican las concepciones de alumnado y profesorado de ciencia español sobre la NDC ( $n=19$ ; 21,6%) revelan que estos muestran, en general, ideas poco informadas sobre tal contenido. Entre los instrumentos empleados para analizar esas concepciones, el más utilizado es el cuestionario tipo Likert o con respuestas cerradas de opción múltiple (13 de los 19 artículos), seguido muy de lejos por el método de entrevistas (3 de los 19 artículos), los cuestionarios con preguntas de respuesta abierta (tanto textual como pictórica) (3 de los 19 artículos), y el análisis del discurso verbal y escrito (2 de los 19 artículos). De todos ellos, el instrumento más popular y robusto, en cuanto a la superación de pruebas de validez y fiabilidad a escala Iberoamericana, es el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) (Vázquez, García-Carmona, Manassero y Bennassar, 2013).

En cuanto a los trabajos de diseño de propuestas para enseñar NDC y de experimentación de estas en el aula (gráfico III), se halla que, en ambos tipos, predomina un planteamiento de la enseñanza de la NDC con enfoque explícito y reflexivo. Sin embargo, con relación al modo de integrar la NDC en el currículo de ciencia escolar, hay cierta diferencia: mientras que los trabajos de diseño de propuestas didácticas sobre NDC plantean mayoritariamente su introducción de forma contextualizada con el resto de los contenidos del currículo de ciencia escolar (10 de 15 artículos), los de experimentación en el aula de propuestas para enseñar

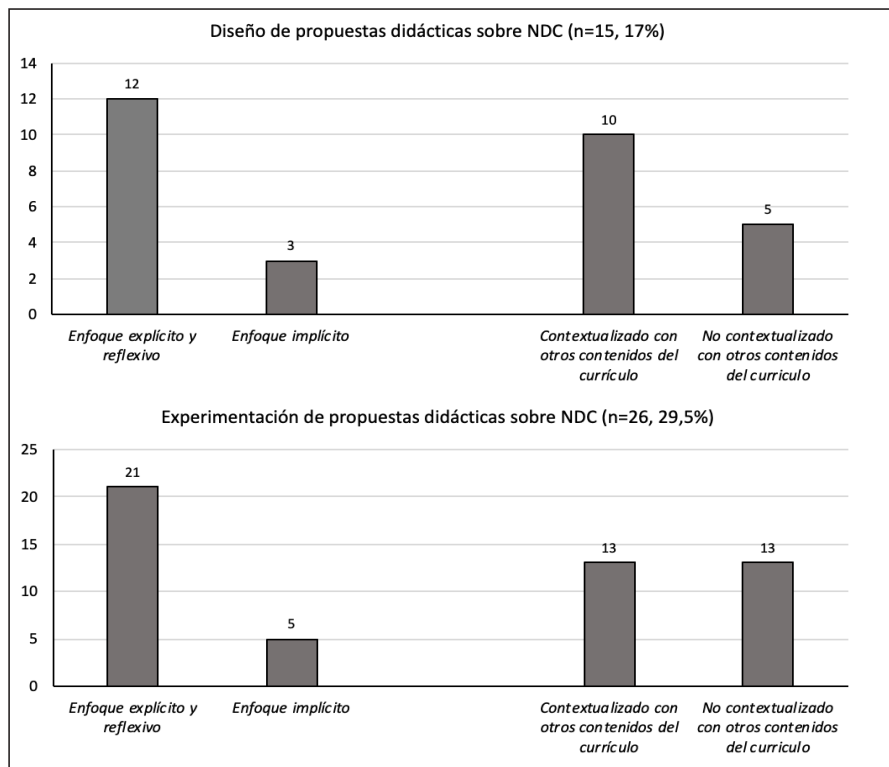
NDC lo hacen tanto de manera contextualizada como descontextualizada en igual proporción (13 artículo en cada caso).

Con relación a los trabajos de experimentación de propuestas didácticas sobre NDC en el aula (29,5%), es preciso señalar que la totalidad de ellos pueden encuadrarse en lo que se conoce como *investigación basada en el diseño* (Guisasola y Oliva, 2020). Esta se caracteriza, en general, por la implementación y evaluación del diseño didáctico sobre un contenido curricular específico, en un contexto educativo concreto (por tanto, a pequeña escala), con vistas a hacer propuestas de mejora para acciones docentes futuras en estos. Dentro este marco de investigación educativa, la mayoría de los trabajos emplean métodos de análisis mixtos, es decir, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas mediante procesos de investigación-acción, métodos cuasi-experimentales, estudios de caso, etc.

Respecto a los estudios que analizan la atención y tratamiento de la NDC en recursos didácticos (libros de texto, noticias científicas de la prensa, publicidad, etc.) y prescripciones curriculares (12,5%), se encuentra que esta es tratada, en general, de manera bastante limitada e inapropiada en muchos aspectos; bien porque se introducen errores conceptuales (e.g., existencia de un método científico algorítmico y universal para la investigación en ciencia, imagen distorsionada de la actividad científica profesional y, en general, del desarrollo de la ciencia), o bien por omisiones importantes de aspectos tanto epistémicos (e.g., el papel del error en el desarrollo de la ciencia) como no-epistémicos de la NDC (e.g., no se alude a la dimensión sociológica de la ciencia) en su tratamiento didáctico o sugerencia curricular.

Finalmente, los trabajos de meta-análisis y revisiones bibliográficas sobre comprensión y enseñanza de la NDC (6,8%) se centran, sobre todo, en los resultados del alumnado español en las pruebas PISA con relación al conocimiento epistémico, y en la determinación de consensos internacionales respecto a qué enseñar sobre NDC. Mientras que los trabajos de opinión, reflexión y posicionamientos teóricos relativos a la enseñanza del tema (11,4%) son más variados; aunque predominan los que promueven, entre otras cuestiones, la atención explícita a aspectos tanto epistémicos como no-epistémicos de la NDC, desde una perspectiva didáctica basada en la reflexión.

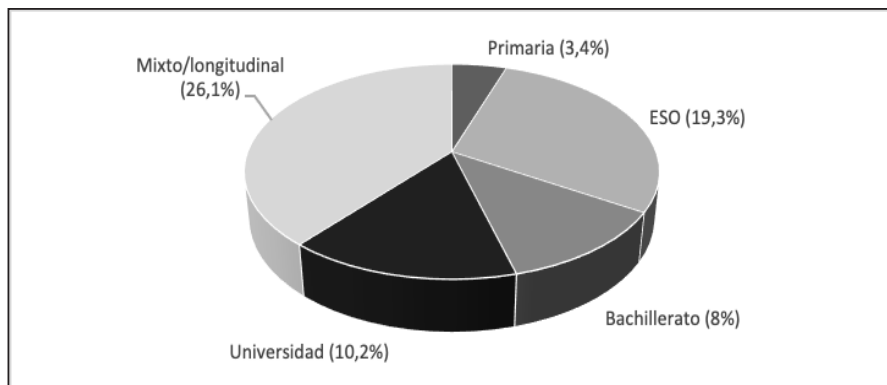
**GRÁFICO III.** Enfoques de enseñanza y modos de integración curricular de la NDC en los trabajos de diseño de propuestas didácticas y de experimentación en el aula.



### Etapas educativas y población objeto de estudio en trabajos sobre enseñanza de la naturaleza de la ciencia

Atendiendo a trabajos centrados específicamente en el alumnado y/o en recursos, programas dirigidos a estos (67,1%), por tanto, excluyendo los de formación de profesorado, la etapa educativa que reciben mayor atención es la ESO (19,3%); y la que menos, Educación Primaria (3,4%). No obstante, los trabajos más abundantes son los de índole mixto o longitudinal (26,1%), esto es, trabajos que se dirigen a más de una etapa educativa consecutiva (*e.g.*, Primaria y ESO, o ESO y Bac.). Véase la distribución en el gráfico IV.

**GRÁFICO IV.** Distribución de los artículos centrados en el alumnado, según las distintas etapas educativas.



Si se centra la atención en los trabajos de experimentación de propuestas didácticas sobre NDC con alumnado, los resultados que se vislumbran ponen de manifiesto, en general, que:

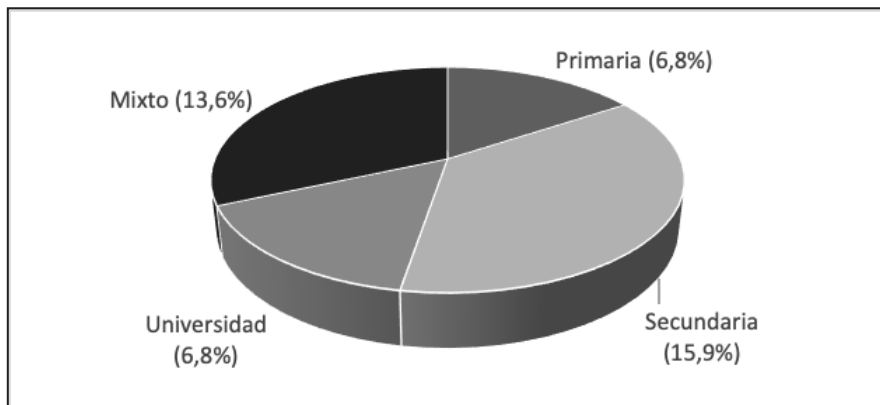
- Las experiencias de aula que plantean aprendizajes sobre NDC de manera implícita, es decir, sin proponer actividades específicamente diseñadas para que los estudiantes reflexionen sobre aspectos concretos de esta, suelen identificar ‘aprender sobre NDC’ con participar en determinadas prácticas científicas escolares.
- La interacción directa de alumnado con profesionales de la ciencia propicia que los primeros adquieran una imagen más real de la actividad científica.
- La participación reflexiva en indagaciones científicas escolares ayuda a que el alumnado tome conciencia del papel de la creatividad en la ciencia, entienda la naturaleza provisional del conocimiento científico y adquiera, en general, una concepción sobre la ciencia más adecuada.
- La lectura reflexiva y crítica de pasajes de historia de la ciencia favorece en el alumnado la comprensión de aspectos epistémicos (*e.g.*, el carácter provisional del conocimiento científico) y no-epistémicos (sociológicos, contextuales, etc.) de la NDC.

- En general, la implementación de actividades sobre NDC, con un enfoque explícito y reflexivo, mejora la comprensión del alumnado acerca de ella.

En cuanto a la formación del profesorado sobre la NDC y su didáctica (27,3%) (gráfico V), la revisión efectuada revela que el colectivo más atendido es el profesorado de ciencia de Educación Secundaria (ESO y Bac.) (15,9%); mientras que los de Educación Primaria y de Universidad son los menos (ambos, con un 6,8%). En este caso, también se encuentran trabajos mixtos, que incluyen a profesorado de diferentes etapas (13,6%). Una síntesis de las conclusiones de los trabajos de experimentación sobre NDC con profesorado de ciencia es la siguiente:

- El uso de la historia de la ciencia ayuda a que el futuro profesorado tome conciencia de diversos aspectos de la NDC, tales como la importancia de la mujer en la ciencia o que, en el desarrollo de la ciencia, a veces se producen retrocesos.
- Cuando el futuro profesorado reflexiona sobre determinados aspectos de la naturaleza de la actividad científica (*e.g.*, el error y los conflictos de intereses), mejora su comprensión al respecto, y su competencia para formar a personas con criterio y capacidad de decidir.
- La reflexión metacientífica a través del cine en la formación de profesorado de ciencia supone un buen recurso para mejorar su comprensión acerca de la NDC y su enseñanza.
- Una mejora de la comprensión de aspectos de NDC en el profesorado amplía su conocimiento pedagógico del contenido para enseñar ciencia.
- La elaboración iterativa de mapas conceptuales, fruto de la reflexión y discusión, favorece en el futuro profesorado de ciencia una concepción más adecuada del proceso de construcción del conocimiento científico.
- El uso de analogías en la enseñanza de la ciencia basada en la modelización científica favorece en el futuro profesorado la comprensión de la naturaleza de los modelos científicos.
- En general, la implementación de actividades sobre NDC, con un enfoque explícito y reflexivo, en la formación de futuro profesorado de ciencia, mejora su comprensión acerca de la NDC y su didáctica.

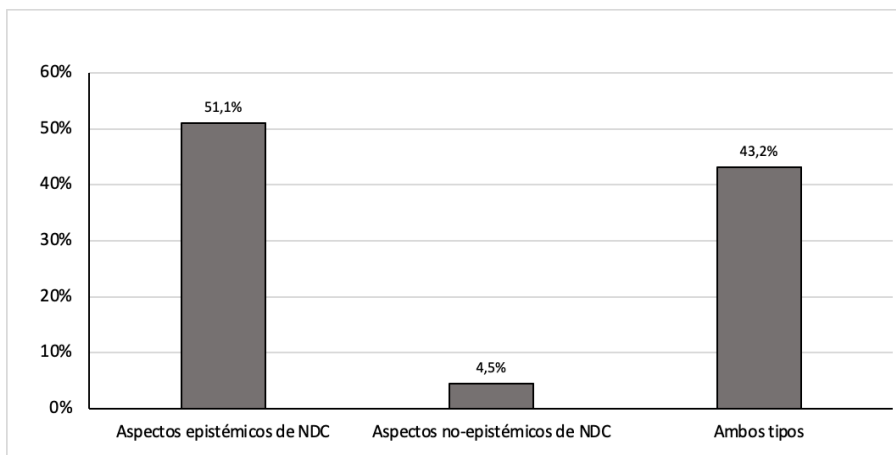
**GRÁFICO V.** Distribución de artículos según el colectivo de profesorado de ciencia al que se dirigen.



### **Aspectos de naturaleza de la ciencia abordados y contextos empleados para su enseñanza**

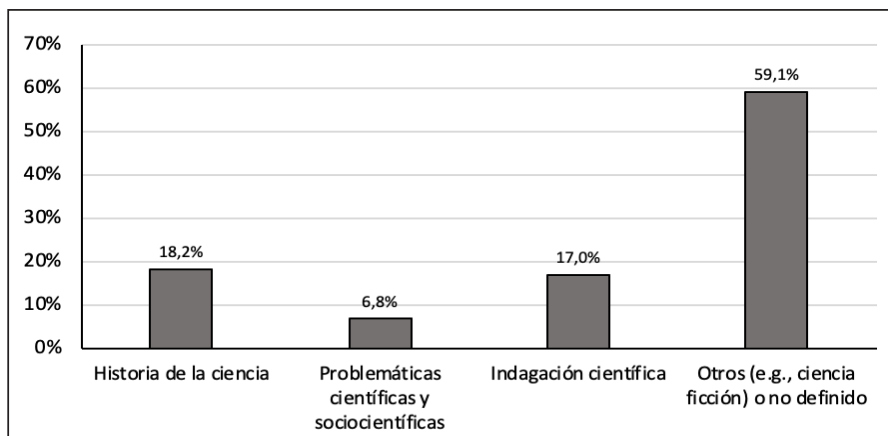
Algo más de la mitad de los artículos revisados (51,1%) solo aborda aspectos epistémicos de la NDC (*i.e.*, aspectos racionales o cognitivos ligados a la construcción de la ciencia), mientras que aquellos que tratan aspectos no-epistémicos exclusivamente, constituyen un escaso 4,5% (gráfico VI). Asimismo, una porción considerable de los trabajos (43,2%) se ocupan de ambos tipos de aspectos, aunque la inmensa mayoría de estos lo hace con una proporción bastante desequilibrada en favor de los de tipo epistémico.

GRÁFICO VI. Aspectos de NDC abordados en los artículos.



Por otra parte, al analizar los contextos/escenarios empleados para enseñar NDC (gráfico VII), se tiene que un 18,2% de la muestra lo hace usando pasajes de historia de la ciencia, un 17% la aborda en el seno de indagaciones científicas escolares, y un 6,8% mediante el análisis de problemáticas científicas y socio-científicas contemporáneas. No obstante, lo más llamativo es que la mayoría de los trabajos (59,1%) no utiliza un contexto específico, o bien otros diferentes a los anteriores, que son menos comunes en la bibliografía internacional sobre la NDC y su didáctica; por ejemplo, la ciencia ficción, la ciencia en el cine, etc.

**GRÁFICO VII.** Contextos/escenarios empleados en la muestra de artículos analizados para enseñar sobre NDC.



## Discusión

Este estudio revela que la NDC ha sido infra-atendida en la bibliografía española sobre educación científica de la última década (2010-2019). Incluso, en las revistas especializadas en educación científica (6 de las 17 revistas analizadas), donde los trabajos sobre NDC constituyen un discreto 4,4% de los que estas publicaron en dicho periodo. Asimismo, algo más de la tercera parte de la muestra analizada presenta trabajos sobre la temática que no emanan del (o se orientan específicamente al) contexto educativo español. Por tanto, se puede decir que la NDC es un contenido de ciencia escolar con un impacto muy bajo en la enseñanza de la ciencia promulgada en este país. Ello resulta especialmente llamativo si se tiene en cuenta que el programa PISA (OECD, 2019), en el que España participa desde su inicio, incluye contenidos de NDC en la evaluación de la competencia científica. Tal situación puede deberse, entre otras causas, a que la NDC es un contenido mal atendido en las prescripciones oficiales para la enseñanza de la ciencia de este país (Acevedo *et al.*, 2017); sobre todo, si se compara con los currículos de ciencia de otros países como, por ejemplo, Australia, Canadá, Sudáfrica, Tailandia y EE. UU. (Lederman, 2007; Olson, 2018).



También es destacable que solo algo menos del 30% de los artículos presenta estudios de aula sobre la eficacia de propuestas educativas para aprender aspectos de la NDC. Esto es un indicativo claro de que el contenido tiene poca incidencia en las aulas españolas de ciencia. Asimismo, pone de relieve el escaso conocimiento que aún se posee de cómo se está produciendo la enseñanza del tema en el marco educativo de este país. Junto a la perspectiva curricular señalada antes, otra causa de tal situación puede ser la limitada formación del profesorado de ciencia respecto a la NDC y su didáctica (Lederman, 2007; Vázquez *et al.*, 2013); la cual se ha visto constatada en los trabajos de la muestra que analizaron las concepciones del profesorado de ciencia español sobre ello. Esto tiene como consecuencia dos resultados igualmente verificados en esta revisión sistemática: (i) la introducción de la NDC en libros de texto de ciencia españoles (elaborados por profesorado de ciencia) es bastante deficiente, en general, y (ii) los estudiantes de ciencia muestran ideas poco informadas sobre esta.

Aun así, es reseñable que los pocos estudios de aula, tanto con alumnado como en la formación de profesorado de ciencia, que se plantean con un enfoque didáctico explícito y reflexivo (Clough, 2018), muestran resultados de aprendizaje mayoritariamente positivos. Un hecho que, en cambio, no es constatable con claridad en aquellos que promueven la NDC mediante un enfoque implícito, coincidiendo así con lo concluido en la bibliografía internacional al respecto (Lederman, 2007). Adicionalmente, la mayoría de los estudios de aula integran la NDC con otros contenidos del currículo de ciencia; lo cual, puede favorecer su encaje en los programas curriculares de ciencia (Bell *et al.*, 2012), ya de por sí bastante sobrecargados en general. Sin embargo, en los trabajos que se limitan al diseño de propuestas didácticas sobre NDC, destacan también aquellos que plantean su introducción en el aula de manera descontextualizada del resto de contenidos del currículo.

Por otra parte, la etapa de ESO es la que mayor atención ha recibido en los trabajos revisados sobre NDC; mientras que Educación Primaria es la que menos. Un resultado similar, en cuanto proporción, se obtiene con relación a los trabajos referidos la formación del profesorado de ciencia sobre el tema. Por tanto, la educación científica en España no parece estar en consonancia con las sugerencias que emergen de la bibliografía internacional, respecto de iniciar el aprendizaje de nociones básicas sobre NDC en edades tempranas (Akerson *et al.*, 2011). Además, ello

puede explicar, en parte, por qué pocos estudiantes españoles alcanzan niveles altos de conocimientos epistémicos en las pruebas de evaluación PISA (Ministerio de Educación, 2019).

Otro hecho constatado en la revisión realizada es que algo más de la mitad de los trabajos solo abordan aspectos epistémicos de la NDC. Asimismo, aquellos que tratan también aspectos no-epistémico, lo hacen dando a estos últimos un peso mucho menor en cantidad y profundidad. Ello denota la gran influencia que aún sigue teniendo la propuesta de Lederman (2007) acerca de qué enseñar sobre NDC, pese a que, en los últimos años, están teniendo relevancia otros planteamientos alternativos que abogan por dar un mayor peso a los aspectos no-epistémicos (Acevedo *et al.*, 2017; Dagher y Erduran, 2016).

Merece subrayarse también que, a diferencia de lo que se recoge en la bibliografía sobre contextos/escenarios para enseñar sobre NDC (Acevedo y García-Carmona, 2016), en España la mayoría de los trabajos no recurre a la historia de la ciencia, indagaciones escolares o problemáticas científicas / socio-científicas contemporáneas para aprender sobre NDC. Si bien, entre los trabajos que usan alguno de estos contextos, los más frecuentes son, por este orden, la historia de la ciencia y la participación en indagaciones científicas.

## Limitaciones e implicaciones

La panorámica ofrecida por este estudio sobre la situación actual de la enseñanza de la NDC en España tiene, como es lógico, sus limitaciones. La primera tiene que ver con que la revisión se haya circunscrito a los trabajos publicados en revistas españolas, dejando fuera artículos de autores españoles en revistas extranjeras, que igualmente analizan procesos de enseñanza sobre NDC en este país. La segunda limitación se refiere al hecho de que, cualquier relación que se establezca entre lo que se publica y lo que sucede realmente en la educación científica española con respecto a la NDC, debe ser acogida con prudencia. Efectivamente, es probable que haya profesorado de ciencia que enseñe a su alumnado nociones básicas sobre NDC, pero que no publica los resultados de su experiencia. Similarmente, puede haber profesorado de ciencia que realice un trabajo puntual sobre didáctica de la NDC, pero que esta no forme parte de su práctica docente habitual.

Aun con tales limitaciones, el estudio realizado aporta una información amplia y detallada que puede ser, en buena medida, representativa del estado actual de la cuestión de la enseñanza de la NDC en España. Este pone de manifiesto, en primer lugar, que la temática está **aún** en un estadio bastante incipiente en la educación científica del país; y, en segundo lugar, que existe una brecha significativa entre lo que deriva de la investigación didáctica internacional y lo que *(i)* se prescribe de ella en los currículos de ciencia escolar, *(ii)* se desarrolla en los libros de texto de ciencia y *(iii)* se hace en las aulas, con respecto a la enseñanza de la NDC. La disminución de esta brecha y el impulso de este contenido en la educación científica española requeriría, por tanto, abordar de manera prioritaria los siguientes frentes:

- Actualizar las prescripciones curriculares de ciencia escolar con respecto a la NDC, tanto en explicitud como en cantidad y planteamiento educativo (enfoque explícito y reflexivo, equilibrio entre factores epistémicos y no-epistémicos de la ciencia, el uso de la historia de la ciencia, etc.).
- Incluir contenidos de NDC en pruebas de evaluación oficiales como las que hacen algunas comunidades autónomas al finalizar la etapa de Primaria o durante la ESO, así como en las de acceso a la Universidad, ya que generalmente no se enseña aquello que no se evalúa.
- Mejorar, conforme a los resultados de la investigación didáctica, el tratamiento de los contenidos de NDC en los materiales didácticos, especialmente en los libros de texto, ya que estos continúan siendo el recurso más empleado en las aulas españolas.
- Dar una mayor importancia a la NDC en los planes de formación del profesorado de ciencia de los diferentes niveles educativos.

## Referencias bibliográficas

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.
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. 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*. Madrid: OEI.
- Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación (ANECA). (2017). *Méritos evaluables para la acreditación nacional para el acceso a los cuerpos docentes universitarios*. Madrid: ANECA.
- Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V. y Weiland, I. S. (2011). The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 537–549.
- Akerson, V. L. y Donnelly, L. A. (2010). Teaching Nature of Science to K-2 Students: What understandings can they attain? *International Journal of Science Education*, 32(1), 97-124.
- Bell, R. L., Mulvey, B. K. y Maeng, J. L. (2012). Beyond understanding: Process skills as a context for nature of science instruction. En Khine, M. S. (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 225–245). Dordrecht: Springer.
- Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *Nursing Plus Open*, 2, 8–14.
- Cáceres, P. (2003). Análisis cualitativo de contenido: Una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas, Individuo y Sociedad*, 2(1), 53–82.
- Cakici, Y. y Bayir, E. (2012). Developing children's views of the nature of science through role play. *International Journal of Science Education*, 34(7), 1075–1091.
- Clough, M. P. (2018). Teaching and learning about the nature of science. *Science & Education*, 27(1–2), 1–5.
- Dagher, Z. R. y Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. Why does it matter? *Science & Education*, 25(1–2), 147–164.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Ferreira, I., Urrutia, G. y Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688–696.

- García-Carmona, A. (2021a). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1108.
- García-Carmona, A. (2021b). Improving pre-service elementary teachers' understanding of the nature of science through an analysis of the historical case of Rosalind Franklin and the structure of DNA. *Research in Science Education*, 51(2), 347-373.
- García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education. *Science & Education*, 27(5-6), 435-455.
- García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: Un análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 23-34.
- Guisasola, J. y Oliva, J. M. (2020). Nueva sección 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.
- Höttecke, D. y Allchin, D. (2020). Re-conceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641-666.
- Irzik, G. y Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. En Matthews, M. R. (ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Dordrecht: Springer.
- Khishfe, R. y Lederman, N. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(8), 939-961.
- Laherto, A. M. P., Kampschulte, L., de Vocht, M., Blonder, R., Akaygün, S. y Apotheker, J. (2018). Contextualizing the EU's "responsible research and innovation" policy in science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 14(6), 2287-2300.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En Abell, S. K. y Lederman, N. G. (eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Marín, N., Benarroch, A. y Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia. *Revista de Educación*, 361, 117-140.

- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703–737.
- Mayring, P. (2000). Qualitative content analysis. *Forum: Qualitative Social Research*, 1(2), 1–10.
- McComas, W. F. (ed.) (2020). *Nature of science in science instruction*. Dordrecht: Springer.
- Ministerio de Educación (2019). *PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español*. Madrid: Secretaría General Técnica.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. y Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
- Olson, J. K. (2018). The inclusion of the nature of science in nine recent international science education standards documents. *Science & Education*, 27(7), 637-660.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *PISA 2018. Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.
- Padilla, M. T. (2002). *Técnicas e instrumentos para el diagnóstico y la evaluación educativa*. Madrid: CCS.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Vázquez, A., García-Carmona, A., Manassero, M. A. y Bennàssar, A. (2013). Science teachers' thinking about the nature of science: A new methodological approach to its assessment. *Research in Science Education*, 43(2), 781–808.
- Wallace, J. (2017). Teaching NOS in an age of plurality. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 17(1), 1–2.

**Información de contacto:** Antonio García-Carmona. Universidad de Sevilla, Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. C/ Pirotecnia, S/N. 41013. Sevilla. E-mail: garcia-carmona@us.es