

La comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en el nuevo currículo de Educación Secundaria Obligatoria, tras la LOMLOE

Understanding epistemic aspects of the nature of science in Spain's new curriculum for compulsory-secondary education since the LOMLOE law

Dr. Antonio GARCÍA-CARMONA. Catedrático. Universidad de Sevilla (garcia-carmona@us.es).

Resumen:

Este estudio analiza la atención que se presta a la comprensión de aspectos epistémicos de la *naturaleza de la ciencia* (NDC) en el nuevo currículo de ciencias para la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), aprobado tras la entrada en vigor de la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020). Con este propósito, se examinan las disposiciones curriculares de las materias de Biología y Geología y Física y Química (Real Decreto 217/2022), mediante un método de análisis cualitativo de contenido. El referente teórico usado en el análisis es el conjunto de aspectos epistémicos de la NDC, recogido en el último marco conceptual de PISA sobre la competencia científica. Los resultados revelan que el currículo de ciencias para la ESO, en España, no sintoniza, ni en cantidad ni en profundidad, con el marco de PISA en lo que

respecta a la comprensión de aspectos epistémicos de la NDC. Se concluye que la comprensión de tales aspectos es considerada un reto educativo menor, o secundario, en el nuevo currículo para la educación científica básica. Por tanto, supone otra oportunidad perdida de haber dado un mayor protagonismo a esta dimensión clave de la alfabetización científica de la ciudadanía.

Descriptor: alfabetización científica, aspectos epistémicos, currículo, Educación Secundaria Obligatoria, LOMLOE, naturaleza de la ciencia.

Abstract:

This study analyses the attention to understanding of epistemic aspects of the *nature of science* (NOS) in Spain's new science curriculum

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 18-05-2022.

Cómo citar este artículo: García-Carmona, A. (2022). La comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en el nuevo currículo de Educación Secundaria Obligatoria, tras la LOMLOE | *Understanding epistemic aspects of the nature of science in Spain's new curriculum for compulsory-secondary education since the LOMLOE law*. *Revista Española de Pedagogía*, 80 (283), 433-450. <https://doi.org/10.22550/REP80-3-2022-01>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

año 80, n.º 283, septiembre-diciembre 2022, 433-450
revista española de pedagogía



for the compulsory secondary education (ESO) stage, which was approved following the entry into force of the new LOMLOE education law (Ley Orgánica 3/2020) To this end, the curricular provisions for the biology and geology and physics and chemistry subjects (Real Decreto 217/2022) are examined using qualitative content analysis. The theoretical reference used in the analysis of the document is the set of epistemic aspects of NOS included in the latest PISA conceptual framework for scientific competence. The results show that Spain's science curriculum for compulsory secondary education is not consistent in ei-

ther quantity or depth with the PISA framework in relation to the understanding of the epistemic aspects of NOS. In conclusion, understanding of these aspects is regarded as a minor or secondary educational challenge in the new curriculum for basic science education. Therefore, it represents another missed opportunity to give greater importance to such key dimension of public scientific literacy.

Keywords: compulsory-secondary education, curriculum, epistemic aspects, LOMLOE, nature of science, scientific literacy.

1. Introducción

La comprensión de nociones básicas sobre la *naturaleza de la ciencia* (NDC, en adelante) está considerada, hoy día, un componente clave para lograr la alfabetización científica deseable en la ciudadanía (National Science Teaching Association [NSTA], 2020). Se trata de un *metaconocimiento* sobre la ciencia que emana, principalmente, de estudios y reflexiones interdisciplinarios realizadas por historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia¹ (Acevedo y García-Carmona, 2016; McComas y Clough, 2020).

Existen diversas razones para justificar la introducción de contenidos sobre la NDC en la educación científica básica, si bien se podrían destacar dos fundamentales. Una de ellas es que la atención explícita a aspectos de la NDC en las clases de ciencias puede favorecer la comprensión de ideas científicas (NSTA, 2020), si se acompaña de una reflexión consciente sobre el complejo proceso

que lleva al establecimiento de tales ideas (García-Carmona y Acevedo, 2018). La otra razón importante es que la NDC provee un marco de ideas básicas acerca de los rasgos característicos de la actividad científica, de los factores que influyen en esta y del conocimiento producido (Acevedo y García-Carmona, 2016), que es idóneo para el análisis crítico de asuntos personales y sociales relacionados con la ciencia (Almeida et al., 2022). En efecto, una persona bien formada en aspectos de la NDC podrá manejar criterios que van más allá de simples valoraciones personales, a la hora de analizar y posicionarse ante controversias sociocientíficas; por ejemplo, comprender la necesidad de evaluar la fiabilidad de las fuentes de información manejadas por las distintas partes. Igualmente, una comprensión básica de *cómo funciona la ciencia* ayuda a detectar las *pseudociencias*, que sientan sus argumentos en falsas creencias y suposiciones no contrastadas. Una de las características

de la ciencia es que se basa en la evidencia (Bell, 2009); de modo que el conocimiento científico debe superar muchas pruebas de verificación, mediante procesos de evaluación rigurosos, antes de ser aceptado por la comunidad científica (García-Carmona y Acevedo, 2018). Por tanto, la validez científica de cualquier *propuesta* de conocimiento, que no haya pasado por todos estos filtros, debería ser siempre puesta en entredicho.

La posesión de conocimientos básicos sobre la NDC permite, asimismo, contraargumentar a los *negacionistas* de la ciencia, que suelen creer en teorías conspirativas, falsos expertos o en que la ciencia, para ser fiable, debe ser perfecta (McIntyre, 2021). Un caso paradigmático es el de los *creacionistas*, que se oponen a la *teoría de la evolución* con el argumento de que esta es simplemente «una teoría», que aún no se ha convertido en ley científica para que pueda ser aceptada (Rennie, 2002). Sin embargo, esto es fácil de rebatir porque las leyes y las teorías científicas son dos tipos de conocimiento diferentes; con lo cual, no guardan una relación jerárquica o de subordinación que posibilite que las teorías puedan convertirse en leyes científicas (Lederman et al., 2013).

Similarmente, la NDC explica, por ejemplo, las razones de que se produjeran cambios de criterio científico durante la pandemia de la COVID-19, con el fin de prevenir el contagio del coronavirus (García-Carmona, 2021a). El conocimiento científico se construye a partir de las pruebas disponibles en cada momento. Por consiguiente, aunque ciertas ideas o explicaciones sean consideradas por la comunidad científica como las más aceptables en un momento determinado del desarrollo de

las investigaciones, se asumen como *tentativas*. Esto es, que son ideas susceptibles de sufrir modificaciones a la luz de nuevas evidencias que las puedan poner en tela de juicio (Lederman et al., 2013). De igual forma, el avance de la ciencia no solo se debe a prácticas *epistémicas*, o de naturaleza exclusivamente *racional*, sino que también depende, en buena medida, de aspectos extracientíficos o *no-epistémicos*, tales como la financiación recibida, los intereses político-sociales de cada época o la competitividad científica, por citar solo algunos (García-Carmona, 2021b). Esto último se puso de manifiesto, por ejemplo, con la consecución de las vacunas de la COVID-19. Estas se obtuvieron en un tiempo extremadamente rápido, como no había sucedido antes con otras vacunas, gracias a los apoyos gubernamentales que tuvieron los laboratorios. Asimismo, se percibió una especie de «carrera por la vacuna» entre países para ver cuál la conseguía antes; es decir, se dio una situación de cierto *nacionalismo* científico (Acevedo y García-Carmona, 2017). No obstante, en este trabajo solo se prestará atención a la *perspectiva epistémica* de la NDC por las razones que se detallarán más adelante.

Así pues, la robustez de los argumentos que los ciudadanos elaboren en relación con cuestiones sociocientíficas dependerá, en buena medida, de cuán formados estén en aspectos de la NDC (García-Carmona y Acevedo, 2018). Porque, lo que muestra la investigación didáctica es que, cuando la gente con escasa formación en NDC opina sobre temas que tienen que ver con la ciencia y la tecnología, suele limitar sus argumentos a valores personales, la moral/ética y las preocupaciones sociales (Bell y Lederman, 2003). Por ello, el desarrollo de

una comprensión informada de aspectos básicos sobre la NDC se erige como un reto primordial para la educación científica desde los niveles más elementales (Akerson et al., 2011).

Sin embargo, la importancia de aprender nociones básicas sobre la NDC no termina de permear en la educación científica básica que se promueve en España. Prueba de ello es la escasa atención que tradicionalmente ha recibido en las publicaciones españolas sobre enseñanza de las ciencias, en comparación con otros contenidos de ciencia escolar (García-Carmona, 2021c). La investigación didáctica señala también que el profesorado de ciencias no suele tener la adecuada formación en NDC y su enseñanza (García-Carmona et al., 2011; García-Carmona, 2021d). Aunque algunos estudios indican que, incluso profesorado de ciencias con una buena formación en este metaconocimiento, no la incluye entre los contenidos básicos de sus programaciones (Akerson y Abd-El-Khalick, 2003). Una posible explicación de ello puede ser la poca relevancia que los contenidos referidos a la NDC tienen en las regulaciones para la educación científica básica; algo que ha sido constatado en documentos curriculares oficiales de otros países (Olson, 2018). Cabe preguntarse, pues, si la situación es o no similar en el nuevo currículo español de ciencias para la educación básica (Real Decreto 217/2022), aprobado tras la entrada en vigor de la última ley educativa (Ley Orgánica 3/2020), más conocida como LOMLOE. Con el propósito de responder a ello, se llevó a cabo un estudio cualitativo guiado por la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué atención se presta a la com-

prensión de aspectos epistémicos de la NDC en las disposiciones curriculares de ciencias para la ESO, en el marco de la LOMLOE?

2. Marco teórico

2.1. La naturaleza de la ciencia en informes y documentos internacionales sobre educación científica

Hace veinte años, en el marco teórico del proyecto internacional TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), que evalúa el rendimiento educativo en ciencias y matemáticas de estudiantes de educación básica, se destacaba la necesidad de adquirir nociones básicas de la NDC como sigue:

Se espera de los estudiantes [...] [que] posean un conocimiento general de la naturaleza de la ciencia y de la investigación científica, incluido el hecho de que el conocimiento científico está sujeto a cambio, de la importancia de usar diferentes tipos de investigación para verificar o comprobar el conocimiento científico [...] (Mullis et al., 2002, p. 79; corchetes añadidos).

Unos años después, en el informe de la fundación Nuffield sobre el estado de la educación científica en la Unión Europea (*Science education in Europe: Critical reflections*), se señalaba lo siguiente en relación con la comprensión de la NDC:

[...] para mejorar la capacidad del público de participar en cuestiones socio-científicas, se requiere no solo un conocimiento del contenido de la ciencia, sino también un conocimiento de «cómo funciona la ciencia»; un elemento que debería ser una

componente esencial de cualquier plan de estudios de ciencias en la escuela (Osborne y Dillon, 2008, p. 8; traducción del autor)².

Recientemente, en el marco teórico del proyecto PISA para la evaluación de la competencia científica, se establece que «La comprensión de la ciencia como práctica también requiere de un “conocimiento epistémico”, que se refiere a la comprensión del papel de los constructos específicos y sus características esenciales en el proceso de construcción del conocimiento científico» (Organization for Economic Co-Operation and Development [OECD], 2019, p. 100; traducción del autor). Cabe aclarar que, en la literatura internacional de la didáctica de las ciencias, *conocimiento epistémico* de la ciencia es otra de las denominaciones empleadas para hacer referencia a aspectos o contenidos de la NDC. Aunque, es preciso notar también que esta designación tiene limitaciones para representar holísticamente el constructo NDC, puesto que solo se refiere a los *aspectos racionales* del desarrollo de la ciencia, obviando así los de corte *no-epistémico* que igualmente influyen en ello (García-Carmona, 2021b, 2021c; García-Carmona y Acevedo, 2018), tal y como se ha indicado antes.

Fuera del contexto europeo, el principal país impulsor de la NDC como contenido básico de la enseñanza de las ciencias es Estados Unidos (NSTA, 2020). Desde hace décadas las autoridades educativas de este país lo sugieren de manera explícita en los sucesivos documentos de reforma curricular de ciencias (Lederman, 2018). El último de estos documentos es *A framework for K-12 science education* (National Research Council [NCR], 2012), donde se puede leer:

Entender cómo la ciencia ha logrado [su] éxito [...] es una parte esencial de la educación científica. Aunque no existe un acuerdo universal sobre la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, hay un gran consenso sobre las características de la empresa científica que debería entender un ciudadano educado (NRC, 2012, p. 78; traducción del autor; corchetes añadidos).

Esta revisión, con gran angular, de varios de los informes internacionales más influyentes sobre educación científica, revela el amplio consenso existente en torno a promover una comprensión de nociones básicas de la NDC, en aras de lograr la alfabetización científica deseable para la ciudadanía.

2.2. Qué significa aprender sobre la naturaleza de la ciencia y cómo enseñarla

Como se ha avanzado, la NDC es un metaconocimiento sobre la ciencia; por tanto, su aprendizaje implica desarrollar una comprensión de los rasgos más característicos de las prácticas que desempeñan las personas dedicadas a la ciencia, de los múltiples factores que influyen en tales prácticas, y del conocimiento producido (Acevedo y García-Carmona, 2016; Adúriz-Bravo, 2005). Así, mientras que *aprender ciencias* se refiere habitualmente a entender conceptos, leyes, modelos y teorías científicas, así como a desarrollar diferentes destrezas, tales como observar, formular hipótesis, hacer mediciones, registrar datos, etc., la NDC se relaciona con una comprensión de las características epistemológicas, ontológicas y sociológicas de dichos aspectos (Acevedo y García-Carmona, 2016; McComas y Clough, 2020). Por ejemplo, una cosa es cono-

cer ciertos modelos científicos (modelo atómico, modelo de la doble hélice de ADN, etc.), y otra distinta es comprender que estos son representaciones parciales y limitadas de la realidad para intentar explicar y predecir comportamientos de la naturaleza, cuya validez está en revisión permanente por parte de la comunidad científica. Del mismo modo, no es lo mismo adquirir destrezas para observar fenómenos, que entender que la observación científica se ve condicionada por las expectativas del científico, por las limitaciones de sus sentidos e instrumentos empleados; y que lo observado puede interpretarse de varias formas, según distintos observadores, etc. En síntesis, saber *de* ciencias y *sobre* la ciencia son dos perspectivas complementarias, pero diferentes; y aquí se está centrando la atención en la última de ellas.

En cuanto a cómo enseñar aspectos de la NDC, la investigación didáctica ha revelado reiteradamente que la mejor manera de aprender sobre esta es con un enfoque didáctico *explícito-reflexivo* (Acevedo, 2009; Lederman, 2007). Esto significa que esta debe ser considerada (i) un contenido del currículo con objetivos de aprendizajes propios, cuya introducción en clase precisa de (ii) actividades que promuevan en el alumnado la reflexión en torno a cuestiones de la NDC, así como (iii) un plan específico para evaluar los logros y dificultades de aprendizaje del alumnado (García-Carmona, 2021d; Schwartz et al., 2004). Así pues, la simple participación en indagaciones científicas escolares no implica necesariamente que se estén comprendiendo los rasgos más

característicos de la práctica científica, si no se plantea una reflexión consciente sobre ello, de manera paralela a las tareas requeridas en el desarrollo de esas indagaciones (García-Carmona, 2012). Metafóricamente, equivale a decir que una persona no aprende sobre el fenómeno de la visión solamente viendo.

Respecto a cómo introducir contenidos de la NDC en el currículo de ciencia escolar, existen varias posibilidades (Acevedo y García-Carmona, 2016): (i) integrada en los contenidos habituales de ciencia escolar, (ii) como un contenido independiente, o (iii) mediante una combinación de ambas estrategias. La comprensión de los estudiantes sobre la NDC no parece depender de si esta se programa como un contenido específico o integrada en otros contenidos de ciencia (Khishfe y Lederman, 2007). No obstante, la opción de integrar la NDC en los demás contenidos del currículo de ciencia tiene la ventaja de que apenas altera la programación del curso de ciencia escolar; lo cual incitaría al profesorado de ciencias a introducir la NDC en sus programaciones (Bell et al., 2012). Asimismo, la reflexión sobre aspectos de la NDC en contextos auténticos del desarrollo científico, tales como controversias científicas sobre un tema sociocientífico determinado, puede favorecer una visión más realista de la actividad científica (Acevedo y García-Carmona, 2017).

2.3. Qué habría que enseñar sobre la naturaleza de la ciencia

Dado el carácter poliédrico del constructo NDC, la determinación de qué aspectos habría que enseñar sobre esta es

una cuestión compleja y en continuo debate (Acevedo y García-Carmona, 2016). No obstante, existen algunas propuestas interesantes y viables para introducir contenidos de la NDC en el currículo de ciencia escolar (p. ej., Lederman, 2007; Erduran y Dagher, 2014; García-Carmona y Acevedo, 2018). Sería muy extenso exponer una revisión detallada y comparativa de las distintas propuestas existentes en la literatura internacional sobre el tema (véase, para ello, por ejemplo: Acevedo y García-Carmona, 2016); de modo que, solo se hará referencia a la propuesta que proviene de uno de los documentos más influyentes o representativos a escala internacional: el reciente marco teórico de PISA para la competencia científica (OECD, 2019). Este documento aúna buena parte de los consensos *de mínimos* sobre qué enseñar de la NDC. Estos consensos se circunscriben básicamente a la perspectiva *epistémica* de la NDC; es decir, la que se centra en los aspectos racionales o cognitivos de este metaconocimiento. Existe bastante menos acuerdo en rela-

ción con la perspectiva *no-epistémica* de la NDC (García-Carmona, 2021b).

Bajo la etiqueta de *conocimiento epistémico*, el marco teórico de PISA hace una propuesta de contenidos sobre la componente *racional o epistémica* de la NDC³. En la Tabla 1 se recogen indicadores genéricos de las ideas básicas, al respecto, que —según este documento— habrían de integrar dicha dimensión de la competencia científica, junto a las otras dos dimensiones clave de esta competencia (conocimientos de contenido científico y conocimiento procedimental). Sin entrar a discutir si esta propuesta debiera ser más completa, dada su desatención a la perspectiva *no-epistémica* de la NDC, lo que parece razonable es que —por coherencia— todos aquellos países participantes en el programa PISA, entre los que se encuentra España, deberían incluir, al menos, tales ideas en sus currículos oficiales de ciencia escolar. Por tanto, la propuesta de este documento será la utilizada como marco de referencia en este estudio.

TABLA 1. Aspectos epistémicos de la NDC en el marco teórico de PISA 2018 para la evaluación de la competencia científica.

A. Los constructos y características definitorias de la *ciencia*, esto es:

1. Naturaleza de las observaciones científicas, hipótesis, modelos y teorías.
2. Finalidad y objetivos de la ciencia (producir explicaciones del mundo natural), su distinción de la tecnología (producir una solución óptima a las necesidades humanas), lo que constituye una cuestión científica o tecnológica, y lo que se consideran datos apropiados.
3. Valores de la ciencia, tales como un compromiso para la publicación [de resultados y conclusiones de investigación], la objetividad y la eliminación de sesgos.
4. Naturaleza de los razonamientos usados en ciencia, tales como los deductivos, inductivos e inferencias para la mejor explicación (abductivo), así como los analógicos y basados en modelos.

B. El papel de estos constructos y características para justificar el conocimiento producido por la *ciencia*, esto es:

1. Las afirmaciones científicas se apoyan en datos y razonamiento.
2. Función de las diferentes formas de investigación empírica para establecer el conocimiento, incluyendo sus objetivos (comprobar hipótesis explicativas o identificar patrones) y diseños (observación, experimentos controlados, estudios correlacionales).
3. El error de medición afecta al grado de confianza en el conocimiento científico.
4. Uso y papel de modelos físicos, sistémicos y abstractos, así como sus límites.
5. Papel de la colaboración y la crítica, y cómo la revisión por pares ayuda a establecer confianza en las afirmaciones científicas.
6. Papel del conocimiento científico, junto con otras formas de conocimiento, en la identificación y abordaje de problemáticas sociales y tecnológicas.

Fuente: Elaboración propia a partir de OECD (2019, p. 108, traducción del autor).

3. Método

Para responder a la pregunta de investigación se examinaron las disposiciones curriculares, enmarcadas en la LOMLOE, para las materias de ciencias de la ESO (Real Decreto 217/2022). Esto se hizo mediante la aplicación de procedimientos estándares de análisis cualitativos de contenido (Mayring, 2000). Y, como se ha dicho, el marco de referencia para el análisis fue la relación de aspectos epistémicos de la NDC, recogida en la Tabla 1 (OECD, 2019).

La información se analizó en tres fases de depuración progresiva (Cáceres, 2003) mediante un método de análisis *intraobservador*. En la *primera fase*, se localizaron alusiones explícitas a aspectos epistémicos de la NDC en las distintas partes del currículo para las materias de Biología y Geología (B-G) y Física y Química (F-Q) de los cuatro cursos de la ESO. Esto dio como resultado la

detección de un total de 50 alusiones a aspectos epistémicos de la NDC, repartidas por las siguientes secciones del currículo para ambas materias: (I) *perfil de salida de la competencia STEM*⁴; (II) *presentación/justificación de las materias*; (III) *relación de competencias específicas de las materias*; (IV) *criterios de evaluación*; y (V) *saberes básicos*.

En la *segunda fase* del análisis, realizada aproximadamente un mes después, se depuró la información. El proceso consistió en considerar solo aquellas alusiones a aspectos epistémicos de la NDC, cuya comprensión forma parte de los aprendizajes evaluables. Para ello, se consultaron los criterios de evaluación correspondientes, dado que estos son los referentes que, en última instancia, orientan acerca de los niveles de desempeño esperados en el alumnado con relación a la competencia científica. Como resultado, se desestimaron las menciones a aspectos epis-

témicos de la NDC, que son introducidas en el documento solo para justificar el valor o importancia de las materias de ciencias en la educación básica. Por ejemplo, en el currículo de B-G se hace alguna referencia al papel de la modelización en el desarrollo de la ciencia, en dos secciones diferentes:

- En la descripción de la *competencia específica 4*, cuando se afirma que: «[...] es frecuente que en determinadas ciencias empíricas [...] se obtengan evidencias de la realidad, que deben interpretarse según la lógica para establecer modelos de un proceso biológico [...]» (Real Decreto 217/2022, p. 41 608).
- En la propuesta de saberes básicos, incluidos en el bloque «A. Proyecto científico», para los cursos de primero a tercero de ESO: «Modelado como método de representación y comprensión de procesos o elementos de la naturaleza» (Real Decreto 217/2022, p. 41 611).

Sin embargo, ninguno de los criterios de evaluación de la materia de B-G para dichos cursos se refiere a una comprensión básica de la naturaleza de los modelos científicos, ni sobre el papel de la modelización en el desarrollo de la ciencia. Por tanto, dichas alusiones fueron descartadas. Igual se procedió en los demás casos.

Fruto de esta depuración, la relación inicial de aspectos epistémicos de la NDC se redujo a 41 alusiones. Conviene puntualizar que la alusión a la NDC en el *perfil de salida* para la competencia STEM, no se contempla explícitamente en los criterios de evaluación

de ninguna de las dos materias. No obstante, se optó por estimarla como un aprendizaje evaluable del currículo porque, tal y como indica la propia regulación, «El Perfil de salida es [...] la piedra angular de todo el currículo, [...] hacia donde convergen los objetivos de las distintas etapas [...] y el referente de la evaluación [...] de los aprendizajes del alumnado, [...]» (Real Decreto 217/2022, p. 41 594).

Pasadas dos semanas, se volvió a examinar la información (*tercera fase*). Como resultado, esa relación de 41 alusiones a aspectos epistémicos de la NDC pasó a ser de 35 alusiones con atención explícita en los aprendizajes evaluables. En términos de fiabilidad, ello suponía un grado de acuerdo intraobservador del 88 % y un índice *kappa* igual a 0.67; con lo cual, el análisis tuvo un nivel de concordancia *sustancial* (Abraira, 2001). El 14.6 % de diferencia entre las fases 2 y 3 se debía a que seis alusiones fueron eliminadas finalmente porque, tras analizar de nuevo su contenido y redacción, no terminaba de quedar claro para el investigador que representaban, efectivamente, un metacocimiento. En esta decisión fue clave lo expuesto en el marco teórico acerca de que la promoción de aprendizajes sobre contenidos relativos a la NDC debe ser clara y explícita, en cuanto a que ello consiste en lograr una comprensión *metacientífica* de estos.

4. Resultados

Lo primero que se ha de resaltar es que, a diferencia de lo indicado en los informes internacionales sobre educación científica consultados (p. ej., Mullis et al., 2002; NRC, 2012; OCDE, 2019), en las disposiciones curriculares analizadas no se hace

una referencia clara a que la comprensión de la NDC (i.e., un metaconocimiento sobre la ciencia) constituye una componente clave de la competencia científica. La atención a aspectos de la NDC en el currículo oficial de ciencias para la ESO, en España, ha de inferirse de alusiones más o menos explícitas a esta, que aparecen esparcidas de manera arbitraria por las distintas secciones en las que se organiza dicho currículo. Lo cual, desintoniza con el marco teórico de PISA para la competencia científica (OECD, 2019), ya que en este se establece con nitidez que la comprensión de aspectos epistémicos de la NDC constituye uno de los tres pilares de esta competencia clave.

En la Tabla 2 se recoge la distribución de alusiones a aspectos epistémicos de la NDC, con incidencia en los aprendizajes evaluables para las materias de ciencias. Es destacable el hecho de que, en el *perfil de salida* relativo a la competencia STEM, concebido como la *pedra angular* de los currículos de las materias de ciencias, solo se haga una breve y genérica mención a la NDC en uno de los cinco descriptores operativos de esta competencia: «STEM2. Utiliza el pensamiento científico [...], apreciando la importancia de la precisión y la veracidad y mostrando una actitud crítica acerca del alcance y las limitaciones de la ciencia» (Real Decreto 217/2022, p. 41 599).

TABLA 2. Alusiones a aspectos epistémicos de la NDC con incidencia en los aprendizajes evaluables de las materias de ciencias (B-G y F-Q) de la ESO, en el marco curricular de la LOMLOE.

Sección del currículo					
	Perfil de salida*	Presentación de la materia	Descripción de las competencias específicas	Criterios de evaluación**	Saberes básicos***
B-G	1	3	5	6 (17.5%)	5 (6.9 %)
F-Q		2	4	5 (16.7%)	4 (8.0 %)

* Común para ambas materias, en el marco de la competencia STEM.

** Porcentajes calculados sobre el total de criterios de evaluación para las materias: 35 criterios para B-G, y 30 criterios para F-Q, correspondientes a los cuatro cursos de la etapa.

*** Porcentajes calculados sobre el total de saberes básicos para las materias: 72 criterios para B-G, y 50 criterios para F-Q, correspondientes a los cuatro cursos de la etapa.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la presentación de las materias y la descripción de las competencias específicas correspondientes, solo cabe mencionar que las referencias a aspectos epistémicos de la NDC aparecen en una proporción similar a (e integradas con) las que se hacen sobre el aprendizaje *de cien-*

cias. Si bien, dado que esa proporción era difícil de cuantificar, se decidió no intentar hacer el cálculo porcentual de su peso.

El otro dato reseñable es la escasa atención al aprendizaje de nociones sobre la NDC en los criterios de evaluación y sa-

beres básicos, tanto de la materia de B-G (17.5 % y 6.9 % respectivamente) como de F-Q (16.7 % y 8 % respectivamente). Como se apunta más arriba, los criterios de evaluación, junto a los saberes básicos correspondientes, son los principales indicadores o referentes para que el profesorado elabore sus programaciones didácticas. Por tanto, el currículo de ambas materias proyecta la idea de que la comprensión de aspectos de la NDC es algo accesorio, o secundario, frente a la adquisición de conocimientos y destrezas científicas, así como de ciertas actitudes. Esta perspectiva dista, además, del planteamiento del marco teórico de PISA (OECD, 2019), donde la comprensión de aspectos epistémicos de la NDC tiene un peso equilibrado con la de las otras dos dimensiones básicas de la competencia científica. En este sentido, el currículo de ciencias español sería más o menos coherente con dicho marco, si adjudicara a la comprensión de la NDC aproximadamente la tercera parte de los criterios de evaluación y saberes básicos.

Por otra parte, se analizó qué aspectos epistémicos de la NDC, de los propuestos en el marco teórico de PISA, eran referidos en las distintas secciones del currículo de las materias de ciencias de la ESO. Los resultados se sintetizan en la Tabla 3. En esta puede verse que, de los 10 aspectos epistémicos que señala dicho marco, solo se sugieren, de manera razonablemente explícita, cuatro de ellos: *A.3 los valores de la ciencia*, *B.1 el conocimiento científico se basa en pruebas y razonamiento*, *B.5 el papel de la colaboración y la crítica en la ciencia*, y *B.6 el papel de la ciencia en el desarrollo de la tecnología y la socie-*

dad. Si bien, únicamente los tres últimos tienen presencia en las distintas secciones específicas del currículo para ambas materias. Las referencias a los valores de la ciencia son muy escuetas y puntuales: una en el descriptor operativo del perfil de salida, citado más arriba, cuando habla de apreciar la importancia de la precisión y veracidad en la ciencia; y la otra, en uno de los criterios de evaluación de la materia de Biología y Geología, al referirse a «adoptar una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin base científica» (Real Decreto 217/2022, p. 41 610). En la Tabla 4 se recogen, a modo de ejemplos, extractos de alusiones a estos tres aspectos de la NDC más recurrentes en el currículo de ciencias de la ESO. Puede verse que las alusiones son, en general, bastante breves y ligadas con otro tipo de contenidos o aprendizajes, que son omitidos en los extractos para destacar solo lo relacionado con la NDC.

Resulta, pues, llamativa la desatención a aspectos epistémicos de la NDC en el currículo de ciencias de la ESO, que cuentan con amplio consenso en la bibliografía internacional sobre qué aprender de la NDC. Por ejemplo, asimilar la importancia del error en el desarrollo de la ciencia (García-Carmona y Acevedo, 2018); o entender los rasgos característicos de las observaciones, los modelos, las leyes y las teorías científicas (Lederman, 2007). También es subrayable el hecho de que, aun cuando en la presentación de las materias y la descripción de sus competencias específicas se habla de los propósitos de la ciencia, su asimilación no se contempla en los aprendizajes evaluables.

TABLA 3. Aspectos epistémicos de la NDC, propuestos en el marco teórico de PISA, que son referidos en los aprendizajes evaluables de las materias de ciencias de la ESO, en el marco curricular de la LOMLOE.

Aspectos epistémicos de la NDC*	Perfil de salida	Presentación de las materias	Descripción de las competencias específicas	Criterios de evaluación	Saberes básicos
A.1 Naturaleza del conocimiento científico (modelos, teorías, etc.)					
A.2 Objetivos de la ciencia y su distinción de la tecnología					
A.3 Valores de la ciencia	✓			✓	
A.4 Naturaleza de los tipos de razonamiento científico					
B.1 El conocimiento científico se basa en pruebas y razonamiento		✓	✓	✓	✓
B.2 Función de las diferentes formas de investigación					
B.3 El papel del error en la ciencia					
B.4 Modelización en ciencia					
B.5 Papel de la colaboración y la crítica en la ciencia		✓	✓	✓	✓
B.6 Papel del conocimiento científico en la tecnología y la sociedad		✓	✓	✓	✓

* Para simplificar los descriptores de los aspectos epistémicos de la NDC, establecidos en el marco teórico de PISA (Tabla 1), se ha optado por usar una breve etiqueta identificativa de cada uno de ellos.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4. Extractos de alusiones a los aspectos epistémicos de la NDC, establecidos en el marco de PISA, con más presencia en las disposiciones curriculares en el marco de la LOMLOE para las materias de ciencias de la ESO.

Aspectos epistémicos de la NDC	Presentación de las materias	Descripción de las competencias específicas	Criterios de evaluación	Saberes básicos
B.1 El conocimiento científico se basa en pruebas y razonamiento	«Las principales fuentes fiables [...] conviven con informaciones sesgadas, incompletas o falsas, por lo que [...] se fomentará el uso responsable y crítico de las tecnologías de la información y la comunicación [...]» (p. 41605, B-G).	«desarrollar el sentido crítico y las destrezas necesarias para evaluar y clasificar la información [...]» (p. 41661, B-G).	«Reconocer la información [...] con base científica, distinguiéndola de pseudociencias, bulos, teorías conspiratorias y creencias infundadas [...]» (p. 41610, B-G).	«Fuentes fidedignas de información científica: reconocimiento y utilización» (pp. 41611 y 41614, B-G).
B.5 Papel de la colaboración y la crítica en la ciencia	«se fomenta [...] el trabajo en equipo [...] al ser la cooperación y la comunicación parte esencial de las metodologías de trabajo científico» (p. 41605, B-G).	«El desarrollo científico rara vez es fruto del trabajo de sujetos aislados y requiere, por tanto, del intercambio de información y de la colaboración entre individuos, organizaciones e incluso países» (p. 41607, B-G).	«valorando la importancia de la cooperación en la investigación [...]» (p. 41610, B-G).	«La evolución histórica del saber científico: la ciencia como labor colectiva [...]» (pp. 41611 y 41614, B-G).
B.6 Papel del conocimiento científico en la tecnología y la sociedad	«valorar el papel fundamental de la ciencia en la sociedad» (p. 41605, B-G).	«el avance vertiginoso de la ciencia y la tecnología es el motor de importantes cambios sociales que dan cada vez con más frecuencia y con impactos más palpables» (p. 41607, B-G).	«Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos [...] que existen repercusiones mutuas de la ciencia actual con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente» (p. 41663, F-Q).	«Valoración de la cultura científica y del papel de científicos y científicas en los principales hitos históricos y actuales de la física y la química en el avance y la mejora de la sociedad» (pp. 41663 y 41666, F-Q).

*Nota: B-G: Biología y Geología; F-Q: Física y Química.

Fuente: Elaboración propia a partir de Real Decreto 217/2022.



Respecto a las relaciones y diferencias epistemológicas de la ciencia con la tecnología (Acevedo y García-Carmona, 2016), tampoco se hace ningún intento de establecerlas en el currículo; algo esencial en un marco educativo que propugna la integración de diferentes materias bajo el paraguas de STEM. Asimismo, cabe indicar que, si bien el currículo de ciencias de la ESO habla del uso de una diversidad de métodos y razonamientos en la investigación científica, no hace referencias concretas a estos⁵. Se limita a alusiones genéricas como «[...] el uso de las metodologías propias de la ciencia» (Real Decreto 217/2022, p. 41 658).

Hay aspectos epistémicos de la NDC importantes, que se mencionan en la descripción de las competencias específicas de las materias de ciencias, pero que, lamentablemente, no tienen incidencia en los aprendizajes evaluables. Es el caso, por ejemplo, de reconocer la importancia del conocimiento establecido en la elaboración de los nuevos conocimientos científicos. De hecho, las propias observaciones en una investigación científica ya están *cargadas de teoría* (Lederman et al., 2013). El currículo de B-G se refiere a tal aspecto en la justificación de una de sus competencias específicas, como sigue: «Todo proceso de investigación científica debe comenzar con la recopilación y análisis crítico de las publicaciones en el área de estudio construyéndose los nuevos conocimientos sobre los cimientos de los ya existentes» (Real Decreto 217/2022, p. 41607).

Un aspecto destacable, en favor del nuevo currículo de ciencias para la ESO, es

que atiende dos ideas de especial relevancia dentro de la NDC, y que no contempla el marco teórico de PISA, al menos, de manera explícita. Esas ideas son:

- *Conocer y destacar la contribución de la mujer en la ciencia* (García-Carmona y Acevedo, 2018), con alusiones como: «Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad [...] destacando y reconociendo el papel de las mujeres científicas [...]» (criterio de evaluación, B-G, Real Decreto 217/2022, p. 41 610).
- *Entender que la ciencia es un campo en construcción permanente* (García-Carmona y Acevedo, 2018; Lederman et al., 2013), con referencias del tipo: «Valorar la contribución de la ciencia [...] entendiendo la investigación como una labor [...] en constante evolución» (criterio de evaluación, B-G, Real Decreto 217/2022, p. 41610); y «Reconocer y valorar [...] que la ciencia es un proceso en permanente construcción [...]» (criterio de evaluación, F-Q, Real Decreto 217/2022, p. 41 663).

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados del análisis realizado, se concluye que la comprensión de la NDC es considerada un reto educativo menor, o secundario, en el nuevo currículo para la educación científica básica. En primer lugar, porque las disposiciones curriculares analizadas (Real

Decreto 217/2022) no destacan, de manera explícita, que la NDC debe conformar una dimensión clave en el desarrollo de la competencia STEM, con vistas a mejorar la alfabetización científica del alumnado (NSTA, 2020; OECD, 2019). En segundo lugar, y posiblemente como causa de lo anterior, porque el currículo da un peso o protagonismo bastante escaso a la NDC en la relación de aprendizajes evaluables para las materias de ciencias (B-G y F-Q) de la ESO; un 17.5 % del total de ellos, en el mejor de los casos. En consecuencia, España se suma a aquellos países que minusvaloran la NDC frente a otros contenidos en sus currículos de ciencia escolar (Olson, 2018).

Con relación a la cantidad y tipos de aspectos epistémicos de la NDC, el nuevo currículo de ciencias de la ESO guarda poca coherencia con el marco teórico de PISA para la competencia científica; algo que resulta desconcertante, habida cuenta que España participa de manera oficial en este programa desde sus inicios. Se encuentra que el currículo español solo se refiere a cuatro de los 10 aspectos epistémicos propuestos en dicho marco internacional; siendo los más destacados tres de ellos: *el conocimiento científico se basa en pruebas, el papel de la colaboración en la ciencia, y el papel de la ciencia en el desarrollo de la tecnología y la sociedad*. Por tanto, omite diversos aspectos epistémicos de la NDC, cuya atención en la enseñanza de las ciencias cuenta con un amplio consenso internacional (Lederman, 2007; García-Carmona y Acevedo, 2018). No obstante, cabe destacar la apuesta del currículo español por enfatizar el papel

de la mujer en la ciencia y el carácter dinámico o evolutivo de la ciencia, como diferencia con respecto al marco teórico de PISA. Aun así, la inmensa mayoría de las alusiones del currículo a aspectos epistémicos de la NDC son parcas y bastante genéricas en su formulación. Además, en los criterios de evaluación, por ejemplo, esas alusiones van casi siempre ligadas con otras perspectivas diferentes a la NDC; de manera que afectan a su protagonismo, ya que se ve *apantallado* por esos otros retos educativos más clásicos o consolidados en la educación científica.

En definitiva, se puede decir que se ha perdido una nueva oportunidad para homologar las disposiciones educativas españolas sobre la competencia científica con marcos internacionales como el de PISA, en lo que respecta a la comprensión de nociones básicas sobre la NDC. Por consiguiente, se prevé, como ha venido ocurriendo hasta ahora en el contexto educativo español, que la NDC seguirá recibiendo poca atención en la educación científica básica (García-Carmona, 2021c). La esperanza está ahora en la formación del profesorado de ciencias (García-Carmona, 2021d), en la que se debería: (1) acentuar el interés educativo de abordar aspectos de la NDC en la educación científica básica; (2) mejorar la comprensión del profesorado sobre la NDC; (3) ayudar al profesorado a visibilizar en las disposiciones curriculares oficiales –como marco prescriptivo para sus diseños didácticos– las alusiones a la NDC en la educación científica básica, y (4) proveerles de materiales didácticos apropiados para integrar contenidos de NDC en las clases de ciencias.

Notas

¹ A la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia también se les conoce como *metaciencias* (Adúriz-Bravo, 2005).

² La **revista española de pedagogía** se publica en español y en inglés. Por este motivo, sigue el criterio, cuando se citan textos ajenos, de acudir a los originales que están escritos en esas lenguas y de poner su traducción oficial, cuando tal texto se haya editado también en el otro idioma. En caso de que no se haya producido esa traducción oficial, el texto citado se ofrecerá a los lectores traducido o por el autor del artículo (señalándose que la traducción es del autor del artículo), o por el traductor jurado contratado por la revista.

³ En este trabajo se identifica, por tanto, *conocimiento epistémico con aspectos epistémicos de la NDC*.

⁴ Acrónimo inglés utilizado en las nuevas disposiciones curriculares correspondientes a la ESO para hacer referencia, de manera conjunta, a *la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería* (Real Decreto 217/2022, p. 41598).

⁵ En el primer descriptor operativo de la competencia STEM se citan los métodos inductivos y deductivos, pero referidos al pensamiento matemático; en ningún momento se tratan en el desarrollo de las materias de B-G y F-Q.

Referencias bibliográficas

- Abraira, V. (2001). El índice kappa. *Semergen*, 27 (5), 247-249. [https://doi.org/10.1016/S1138-3593\(01\)73955-X](https://doi.org/10.1016/S1138-3593(01)73955-X)
- Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos *versus* implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (3), 355-386. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3681>
- 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://hdl.handle.net/10498/18010>
- Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Catarata.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica.
- Akerson, V. L. y Abd-El-Khalick, F. (2003). Teaching elements of nature of science: A yearlong case study of a fourth-grade teacher [La enseñanza de los elementos de la naturaleza de la ciencia: un estudio de caso de un año de duración de un profesor de cuarto grado]. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (10), 1025-1049. <https://doi.org/10.1002/tea.10119>
- 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 [La importancia de la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia en los años de la primera infancia]. *Journal of Science Education and Technology*, 20 (5), 537-549. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9312-5>
- Almeida, B., Santos, M. y Justi, R. (2022). Aspects and abilities of science literacy in the context of nature of science teaching [Aspectos y habilidades de la alfabetización científica en el contexto de la naturaleza de la enseñanza de las ciencias]. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00324-4>
- Bell, R. L. (2009). Teaching the nature of science: Three critical questions [La enseñanza de la naturaleza de la ciencia: tres cuestiones críticas]. En *Best Practices in Science Education*. National Geographic School Publishing.
- Bell, R. L. y Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues [Comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la toma de decisiones sobre cuestiones científicas y tecnológicas]. *Science Education*, 87 (3), 352-377. <https://doi.org/10.1002/sce.10063>
- Bell, R. L., Mulvey, B. K. y Maeng, J. L. (2012). Beyond understanding: Process skills as a context for nature of science instruction [Más allá de la comprensión: las destrezas de proceso como contexto para la enseñanza de la naturaleza de las ciencias]. En M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 225-245). Springer.
- Cáceres, P. (2003). Análisis cualitativo de contenido: una alternativa metodológica alcanzable [Qualitative content analysis: an achievable

- methodological alternative]. *Psicoperspectivas, Individuo y Sociedad*, 2 (1), 53-82. <https://www.psicoperspectivas.cl/index.php/psicoperspectivas/article/view/3>
- Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing nature of science for science education [Reconceptualizar la naturaleza de la ciencia para la educación científica]*. Springer.
- García-Carmona, A. (2012). Cómo enseñar naturaleza de la ciencia (NDC) a través de experiencias escolares de investigación científica. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 72, 55-63.
- García-Carmona, A. (2021a). Learning about the nature of science through the critical and reflective reading of news on the COVID-19 pandemic [Aprender sobre la naturaleza de la ciencia a través de la lectura crítica y reflexiva de las noticias sobre la pandemia de COVID-19]. *Cultural Studies of Science Education*, 16 (4), 1015-1028. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10092-2>
- García-Carmona, A. (2021b). 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. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108
- García-Carmona, A. (2021c). 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. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>
- García-Carmona, A. (2021d). Spanish science teacher educators' preparation, experiences, and views about nature of science in science education [Preparación, experiencias y opiniones de los profesores de ciencias españoles sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias]. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00263-6>
- García-Carmona, A. y Acevedo, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education [La naturaleza de la práctica científica y la enseñanza de las ciencias]. *Science & Education*, 27 (5-6), 435-455. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9>
- García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29 (3), 403-412. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.443>
- Khishfe, R. y Lederman, N. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science [Relación entre el contexto instructivo y las opiniones sobre la naturaleza de la ciencia]. *International Journal of Science Education*, 29 (8), 939-961. <https://doi.org/10.1080/09500690601110947>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future [Naturaleza de la ciencia: pasado, presente y futuro]. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Lawrence Erlbaum.
- Lederman, N. G. (2018). La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 36 (2), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2661>
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. y Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy [La naturaleza de la ciencia y la investigación científica como contextos para el aprendizaje de la ciencia y el logro de la alfabetización científica]. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1 (3), 138-147. <https://www.ijemst.com/index.php/ijemst/article/view/19/19>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020, páginas 122868 a 122953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Mayring, P. (2000). Qualitative content analysis [Análisis de contenido cualitativo]. *Forum: Qualitative Social Research*, 1 (2), 1-10. <https://doi.org/10.17169/fqs-1.2.1089>
- McComas, W. F. y Clough, M. P. (2020). Nature of science in science instruction: Meaning, advocacy, rationales, and recommendations [La naturaleza de la ciencia en la enseñanza de

- las ciencias: significado, defensa, fundamentos y recomendaciones]. En W. F. McComas (Ed.), *Nature of science in science instruction* (pp. 3-22). Springer.
- McIntyre, L. (2021). Talking to science deniers and sceptics is not hopeless [Hablar con los negadores de la ciencia y los escépticos no es inútil]. *Nature*, 596 (7871), 165-165. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02152-y>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O. Smith, T. A., Garden, R. A., Gregory, K. D., González, E. J., Chrostowski, S. J. y O'Connor, K. M. (2002). *Marcos teóricos y especificaciones de evaluación de TIMSS 2003*. Ministerio de Educación.
- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas [Un marco para la enseñanza de las ciencias en el K-12: prácticas, conceptos transversales e ideas básicas]*. National Academies Press.
- National Science Teaching Association [NSTA] (2020). *Nature of science. Position statement [La naturaleza de la ciencia. Declaración de posición.]*. <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science>
- Olson, J. K. (2018). The inclusion of the nature of science in nine recent international science education standards documents [La inclusión de la naturaleza de la ciencia en nueve documentos recientes de normas internacionales de enseñanza de las ciencias]. *Science & Education*, 27 (7), 637-660. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9993-8>
- Organization for Economic Co-Operation and Development (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework [Evaluación y marco analítico de PISA 2018]*. OECD Publishing.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. Nuffield Foundation.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, de 30 de marzo de 2022, páginas 41571 a 41789. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>
- Rennie, J. (2002). 15 answers to creationist nonsense [15 respuestas a las tonterías creacionistas]. *Scientific American*, 287 (1), 78-85. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0702-78>
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. y Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry [Desarrollar la visión de la naturaleza de la ciencia en un contexto auténtico: un enfoque explícito para salvar la brecha entre la naturaleza de la ciencia y la investigación científica]. *Science Education*, 88 (4), 610-645. <https://doi.org/10.1002/sc.10128>

Biografía del autor

Antonio García-Carmona es Catedrático de Universidad en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla. Ha sido profesor de Matemáticas, Física y Química y Tecnología en educación secundaria durante más de una década. Es el investigador responsable del grupo de investigación «Educación científica en contexto y formación del profesorado» (SEJ-591). Sus principales líneas de investigación se centran en la naturaleza de la ciencia y su didáctica, el aprendizaje de la ciencia mediante indagación / prácticas científicas, el enfoque educativo CTS y la ciencia en los medios como recurso para la educación científica.



<https://orcid.org/0000-0001-5952-0340>