

EDUCAR PARA EL FUTURO

CLAVES PARA UNA
EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI

JOSEFINA
RODRÍGUEZ GÓNGORA

COLECCIÓN
INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES

© Los autores. NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos de los textos publicados en el libro “EDUCAR PARA EL FUTURO: CLAVES PARA UNA EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI”, son responsabilidad exclusiva de los autores; así mismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado en otro lugar, así como los referentes a su investigación.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Editorial DYKINSON, S.L. Meléndez Valdés, 61 - 28015 Madrid
Teléfono (+34) 91 544 28 46 - (+34) 91 544 28 69
e-mail: info@dykinson.com <http://www.dykinson.es>
Consejo Editorial véase www.dykinson.com/quienessomos
Madrid, 2024
ISBN: 978-84-1070-897-6

**EVALUACIÓN DE LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA
DE LA CIENCIA EN DOCENTES DE FÍSICA Y QUÍMICA EN
FORMACIÓN INICIAL**

Gregorio Jiménez Valverde

Universitat de Barcelona

La correspondencia relativa a este artículo deberá dirigirse a **Gregorio Jiménez Valverde, Passeig Vall d'Hebron 171 (Ed. Llevant), Barcelona, gregojimenez@ub.edu**

Introducción

La Naturaleza de la Ciencia (NdC) ha sido un tema central en la educación científica desde hace décadas, y su relevancia continúa siendo un pilar en la enseñanza de las ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2023; McComas, 2020). La NdC se refiere a la epistemología y sociología de la ciencia, incluyendo los valores y creencias inherentes al desarrollo del conocimiento científico (Lederman, 1992). Esta área de estudio, informada por la historia, la filosofía, la psicología y la sociología de la ciencia, abarca aspectos fundamentales como la manera en que funciona la ciencia, la colaboración entre científicos y la interacción entre la ciencia y la sociedad (Clough, 2006). Entender la NdC es crucial para desarrollar una alfabetización científica que permita a los ciudadanos comprender no solo el contenido de la ciencia, sino también cómo se genera y valida ese conocimiento.

El desarrollo de una visión informada sobre la NdC es reconocido internacionalmente como un objetivo fundamental de la educación científica (Akerson et al., 2011; Abd-El-Khalick, 2006; Deng et al., 2011; McComas, 2020). En Europa, por ejemplo, se considera que la comprensión de la NdC es esencial para que los ciudadanos sean críticos y participen en cuestiones sociocientíficas (Osborne y Dillon, 2008). Sin embargo, el currículo español actual, según un análisis reciente (García-Carmona, 2022), muestra que la comprensión de aspectos epistémicos de la NdC sigue siendo un reto educativo secundario, sin recibir la atención adecuada en la educación científica básica, lo que supone una oportunidad perdida para mejorar la alfabetización científica.

La NdC no solo ayuda a los estudiantes a aprender contenido científico, sino que también mejora su capacidad para evaluar críticamente los avances científicos,

comprender la relación entre ciencia y tecnología, y apreciar los roles y responsabilidades de la ciencia en la mejora de la vida personal y social (Hand et al., 1999)

A pesar de su importancia, numerosos estudios han demostrado que tanto los estudiantes como los profesores suelen tener concepciones inadecuadas o incorrectas sobre la NdC (Akerson et al., 2000; Bell et al., 2016; Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014). Por ejemplo, se ha encontrado que muchos estudiantes creen erróneamente que las teorías científicas pueden convertirse en leyes con suficiente evidencia, o que las leyes científicas son absolutas, lo que refleja una fuerte creencia en un único método científico que todos los científicos siguen (Bell et al., 2003; Lederman, 2007; Liang et al., 2008; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018). Estas concepciones erróneas no solo limitan la comprensión de la ciencia, sino que también pueden influir negativamente en la forma en que los futuros docentes enseñan la ciencia en las escuelas. En el estudio de Jiménez (2023), se observó que, al inicio de su formación, algunos futuros docentes de físicas y química tienden a adoptar una visión positivista y realista de la ciencia, con una tendencia a descontextualizarla de su entorno social y cultural. Esta perspectiva, si no se aborda adecuadamente, podría llevar a una enseñanza de la ciencia que no fomente el pensamiento crítico ni la comprensión de la ciencia como un proceso dinámico e influenciado por el contexto.

El papel de los profesores en la transmisión de una visión informada de la NdC es fundamental. Según Herman y Clough (2016), los profesores de ciencias deben tener un conocimiento sólido tanto de la ciencia como de la NdC. Sin embargo, diferentes investigaciones han demostrado que muchos docentes no poseen visiones informadas de la NdC (Abd-El-Khalick y Lederman, 2023; Bell et al., 2016; Lederman, 2007; Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014). Esta falta de comprensión adecuada se traduce en una enseñanza de la NdC que a menudo es superficial, donde

los principios de la NdC se presentan como conocimientos establecidos en lugar de fomentar la reflexión crítica y la discusión entre los estudiantes (Clough, 2007). A pesar de que mejorar las visiones de NdC de los profesores no garantiza automáticamente una mejor enseñanza de la NdC, es una condición necesaria para ello (Supprakob et al., 2016).

En el contexto de la formación inicial de profesores de ciencias, es crucial que estos futuros educadores desarrollen una comprensión profunda y crítica de la NdC. La formación docente debe ir más allá de la simple transmisión de conocimientos científicos y debe incluir un enfoque en cómo se construye y valida ese conocimiento. Esto es fundamental no solo para asegurar que los futuros docentes estén bien preparados para enseñar ciencia, sino también para que puedan formar estudiantes que sean capaces de participar activamente en una sociedad cada vez más influenciada por la ciencia y la tecnología.

Además, conocer las concepciones que los profesores en formación tienen sobre la NdC es vital para ajustar los programas de formación docente. Al identificar las fortalezas y debilidades en su comprensión, es posible diseñar intervenciones pedagógicas que no solo refuercen sus conocimientos científicos, sino que también promuevan una comprensión crítica de la NdC. Esto no solo beneficiará a los futuros docentes, sino que también impactará positivamente en la calidad de la educación científica que recibirán sus estudiantes. En última instancia, una formación docente que incluya una comprensión sólida de la NdC contribuirá a la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados, capaces de comprender la naturaleza dinámica de la indagación científica y de aceptar nuevas ideas científicas sin resistencia infundada (Duschl, 1990).

Este estudio pretende evaluar las concepciones sobre la NdC entre docentes de física y química en formación inicial, todos ellos con una formación previa en

disciplinas científicas. La comprensión de sus visiones sobre la NdC no solo es esencial para asegurar que estos futuros docentes puedan enseñar ciencia de manera efectiva, sino que también ofrece la oportunidad de mejorar los programas de formación inicial para asegurar que se transmitan concepciones informadas y precisas sobre la ciencia. Esto es crucial para preparar a los estudiantes para que comprendan no solo qué es la ciencia, sino cómo funciona y cuál es su papel en la sociedad.

Método

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño descriptivo no experimental, lo que permitió una evaluación objetiva y sistemática de las respuestas obtenidas a través del cuestionario utilizado.

Muestra

La muestra estuvo compuesta por 28 estudiantes (14 mujeres, 14 hombres; edad: media = 30 años; mediana = 27 años) matriculados en el Máster de Formación del Profesorado, especialidad de física y química, de la Universitat de Barcelona, en concreto en la asignatura “Fundamentos y elementos básico de didáctica de la física y la química”, durante el curso 2021-22. Se trata, pues, de una muestra por conveniencia. Todos los participantes habían completado previamente estudios de grado en física, química o afines, lo que garantiza que tenían una formación académica sólida en áreas relacionadas con las ciencias.

Instrumento

El instrumento utilizado en este estudio fue la parte cuantitativa del cuestionario SUSSI (*Students' Understanding of Science and Scientific Inquiry*, Liang et al., 2008), una herramienta validada para evaluar las concepciones sobre la NdC. El SUSSI está compuesto por 24 ítems distribuidos en seis categorías, cada una compuesta por cuatro ítems, que representan diferentes dimensiones de la NdC:

1. Observaciones e inferencias: evalúa la comprensión de la relación entre observaciones y las inferencias en la ciencia.
2. Carácter provisional del conocimiento científico: explora la comprensión de la naturaleza revisable y provisional del conocimiento científico.
3. Teorías y leyes científicas: examina la diferenciación entre teorías y leyes en la ciencia.
4. Implicaciones sociales y culturales: evalúa cómo los contextos sociales y culturales influyen en la práctica científica.
5. Creatividad e imaginación: mide la percepción del rol de la creatividad en el proceso científico.
6. Métodos de la ciencia: Investiga la comprensión de la diversidad y flexibilidad en la metodología científica.

En el formato original, el SUSSI solicita a los encuestados que indiquen su grado de acuerdo con las 24 afirmaciones, utilizando una escala Likert que incluye las siguientes opciones: Totalmente en desacuerdo, Más en desacuerdo que de acuerdo, Inseguro/a o no seguro/a, Más de acuerdo que en desacuerdo y Totalmente de acuerdo. En este estudio, las respuestas fueron convertidas en una escala numérica del 1 al 5, de acuerdo con el procedimiento descrito por Das et al., (2019). Para los ítems cuyo redactado representaba una visión informada de la NdC (+), las

respuestas fueron asignadas de manera que Totalmente en desacuerdo correspondía a 1 y Totalmente de acuerdo a 5. Por el contrario, para los ítems cuyo redactado reflejaba una visión errónea o ingenua de la NdC (-), se asignaron puntuaciones en orden inverso: Totalmente en desacuerdo = 5 y Totalmente de acuerdo = 1.

Cada una de las seis categorías del SUSSI podía alcanzar, por tanto, un máximo de 20 puntos. La suma de estas puntuaciones permitió obtener un valor global para cada estudiante, con un máximo de 120 puntos, que correspondería a una visión perfectamente informada de la NdC.

El cuestionario fue administrado el primer día de clase, con el consentimiento previo de los participantes.

Análisis de datos

Una vez convertidas a valores numéricos las respuestas de los estudiantes, según las indicaciones del apartado anterior, y comprobado que no seguían una distribución normal (test de Shapiro-Wilk, $p < 0,05$), se calcularon las medianas y el rango intercuartílico de estos valores para cada uno de los 24 ítems. Posteriormente, se sumaron las puntuaciones de los cuatro ítems correspondientes a cada una de las seis categorías para todos los estudiantes, y se calculó el porcentaje correspondiente respecto al valor máximo posible (560), lo que permitió obtener el porcentaje de “visión informada” global para cada categoría. Adicionalmente, se calculó la suma de las puntuaciones de los 24 ítems para cada estudiante y se comparó con la puntuación máxima posible (120), lo que permitió determinar el porcentaje de comprensión global de la NdC para cada estudiante.

Resultados

Los resultados del cuestionario SUSSI se muestran en la Tabla 1. El valor de “mediana” de cada ítem ya incluye la conversión numérica explicada en el subapartado de “Instrumento”, por lo que, en todos los casos, una mediana de 5 corresponde a la visión totalmente informada sobre ese aspecto de la NdC.

Tabla 1

Resultados (mediana, rango intercuartílico o IQR) del cuestionario SUSSI. N=28)

Item	Descripción	Mediana	IQR
1A (+)	Las observaciones científicas del mismo suceso pueden ser diferentes porque los conocimientos previos de los científicos pueden afectar sus observaciones	4	2
1B (-)	Las observaciones científicas del mismo suceso serán iguales porque los científicos son objetivos	2,5	2
1C (-)	Las observaciones científicas del mismo suceso serán iguales porque las observaciones son hechos reales	2	1
1D (+)	Los científicos pueden hacer diferentes interpretaciones basados en las mismas observaciones	4	1
2A (+)	Las teorías científicas están sujetas a comprobación y revisión constantes	5	1
2B (+)	Las teorías científicas pueden ser totalmente sustituidas por otras teorías a la luz de nuevas evidencias	5	1
2C (+)	Las teorías científicas pueden ser modificadas porque los científicos reinterpretan observaciones existentes	4	1
2D (-)	Es muy difícil modificar aquellas teorías científicas basadas en experimentación precisa	2	1,25
3A (-)	Las teorías científicas existen en el mundo natural y son solo descubiertas por los científicos a través de las investigaciones que realizan	4	2,25
3B (-)	A diferencia de las teorías, las leyes científicas no están sujetas a cambios	3	2
3C (-)	Las leyes científicas son teorías que han sido probadas	2	2,25
3D (+)	Las teorías científicas explican las leyes científicas	3	2
4A (-)	La investigación científica no se ve influenciada por la sociedad o la cultura porque los científicos están formados para llevar a cabo estudios libres de cualquier sesgo o prejuicio	4	2
4B (+)	Los valores y expectativas culturales determinan lo que es la ciencia	3	2
4C (+)	Los valores y expectativas culturales determinan cómo la ciencia se lleva a cabo	4	2
4D (-)	Todas las culturas llevan a cabo investigaciones científicas de la misma manera porque la ciencia es universal, independiente de la sociedad y cultura	4	1
5A (+)	Los científicos utilizan su imaginación y creatividad cuando recogen datos	2	2,25
5B (+)	Los científicos utilizan su imaginación y creatividad cuando analizan e interpretan datos	4	2

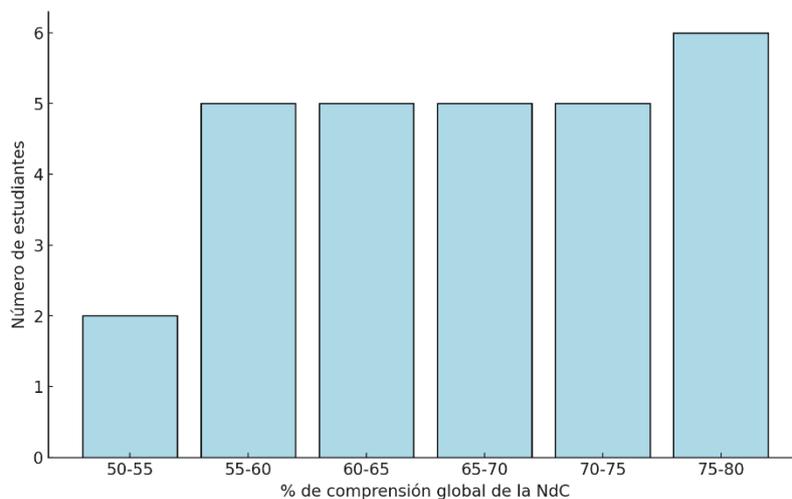
5C (-)	Los científicos no utilizan su imaginación y creatividad porque esto entra en conflicto con su razonamiento lógico	4	1,25
5D (-)	Los científicos no utilizan su imaginación y creatividad porque esto puede interferir con su objetividad	4	2
6A (+)	Los científicos utilizan diferentes tipos de métodos para llevar a cabo las investigaciones científicas	4	2
6B (-)	Los científicos siguen los mismos pasos del método científico	2	1
6C (-)	Cuando los científicos usan el método científico de manera correcta obtienen resultados verdaderos y exactos	2	2
6D (+)	La experimentación no es la única vía para el desarrollo del conocimiento científico	4	1

Al calcular el porcentaje de “visión informada” global para cada categoría, se halló que el carácter provisional del conocimiento científico obtuvo el porcentaje más alto con un 76,6 %, seguida de implicaciones sociales y culturales con un 68,4 %, creatividad e imaginación con un 67,5 %, métodos de la ciencia con un 63,9 %, observaciones e inferencias con un 63,4 % y, por último, teorías y leyes científicas con un 59,3 %.

Por último, la Figura 1 muestra el histograma de puntuación global obtenida por los estudiantes. En este caso, las puntuaciones globales de los estudiantes sí que siguen una distribución normal (test de Shapiro-Wilk, $p = 0,106$) y, en consecuencia, el valor medio relativo de dichas puntuaciones es de 66,5%, que se puede considerar como el grado de visión informada de la NdC de este grupo-clase.

Figura 1

Frecuencia de la comprensión global de la NdC de los estudiantes (%)



La Figura 1 muestra la distribución de la comprensión global de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) entre los estudiantes, agrupada en intervalos de 5% de amplitud. Los datos revelan que la mayoría de los estudiantes se concentran en los intervalos de 55% a 80%, con un ligero predominio en el rango de 75-80%, donde se encuentran seis estudiantes. Este intervalo, aunque más representado, no refleja un dominio completo del contenido, ya que ninguna puntuación supera el 80%. En los intervalos inferiores, dos estudiantes se encuentran en el rango de 50-55%, lo que indica una comprensión bastante limitada de la NdC. Estas puntuaciones globales siguen una distribución normal (test de Shapiro-Wilk, $p = 0,106$), lo que permite calcular un valor promedio del 66,5%, que se considera como el grado de visión informada de la NdC en este grupo-clase.

Discusión

Los resultados revelan que esta muestra de profesores de física y química en formación inicial muestran una comprensión parcial de la NdC, con un porcentaje

global del 66,5%. Este nivel de comprensión es preocupante considerando que los participantes son graduados en disciplinas científicas, lo que sugiere lagunas en su formación previa en relación con aspectos fundamentales de la NdC. Estos hallazgos coinciden con lo que la literatura ha señalado durante años: las concepciones erróneas sobre la NdC siguen siendo prevalentes entre docentes, a pesar de la creciente conciencia sobre la importancia de la NdC para la alfabetización científica (Lederman, 2007; Liang et al., 2008).

En la categoría de Observaciones e inferencias, aunque algunos estudiantes del Máster reconocen la posibilidad de variabilidad en las interpretaciones científicas, los ítems 1C y 1B, con medianas de 2 y 2,5 respectivamente, destacan concepciones erróneas sobre la objetividad y la naturaleza de las observaciones científicas. Esto refleja una comprensión limitada de cómo las observaciones están influenciadas por factores subjetivos y contextuales. Este tipo de malentendidos también ha sido identificado en estudios previos (Bell et al., 2003), en los que se muestra que tanto estudiantes como profesores suelen subestimar la influencia de la subjetividad en las observaciones científicas.

En contraste, la categoría de Carácter provisional del conocimiento científico presenta una comprensión más sólida, con un 76,6%. Sin embargo, la baja mediana en el ítem 2D (2) sugiere que algunos estudiantes creen erróneamente en la inmutabilidad de las teorías científicas una vez validadas experimentalmente, lo que evidencia una inconsistencia en la comprensión de la naturaleza revisable del conocimiento científico. Este resultado refleja un desafío constante en la educación científica, donde la naturaleza dinámica del conocimiento científico no siempre es bien entendida (Lederman, 2007).

La categoría de Teorías y leyes científicas muestra uno de los mayores desafíos, con una mediana de 2 en el ítem 3C, lo que indica un malentendido común

de que las teorías pueden convertirse en leyes científicas con suficiente evidencia. Este error refleja una visión jerárquica incorrecta del conocimiento científico, que es fundamental corregir en la formación inicial docente. La persistencia de estas concepciones erróneas, como la creencia de que las leyes son absolutas, ha sido reportada en múltiples estudios, subrayando la necesidad de una enseñanza más explícita y efectiva sobre la diferencia entre teorías y leyes científicas (Bell et al., 2003; Lederman, 2007).

En cuanto a las Implicaciones sociales y culturales, aunque la categoría presenta un resultado relativamente alto, la variabilidad en las respuestas del ítem 4B (mediana de 3, IQR de 2) indica que la comprensión de cómo los valores culturales influyen en la ciencia no está completamente asentada entre los participantes. Esta falta de comprensión coherente sobre la interrelación entre la ciencia y su contexto social y cultural es preocupante, ya que es un componente clave de una visión informada de la NdC.

La categoría de Creatividad e imaginación muestra una subestimación de la creatividad en el proceso científico, especialmente en la fase de recogida de datos (ítem 5A, mediana de 2), lo que puede llevar a una visión mecanicista de la ciencia que no refleja la realidad de la investigación científica. Este problema es común y ha sido documentado en la literatura, donde se señala que tanto estudiantes como profesores tienden a subestimar el papel crucial de la creatividad en la ciencia (Lederman, 2007).

Finalmente, la categoría de Métodos de la ciencia revela una comprensión limitada, con medianas de 2 en los ítems 6B y 6C, indicando que muchos estudiantes creen erróneamente en un único método científico rígido y de etapas predefinidas. Este malentendido simplifica excesivamente el proceso científico, ignorando su diversidad y flexibilidad. Este tipo de visión ha sido identificada en varios estudios

como una barrera significativa para el desarrollo de una comprensión más sofisticada de los procesos que siguen los miembros de la comunidad científica (Bell et al., 2003).

En resumen, los resultados del estudio indican que persisten concepciones erróneas significativas en este profesorado en formación inicial, especialmente en la diferenciación entre teorías y leyes científicas y en la comprensión de los métodos científicos. Estos hallazgos resaltan la necesidad urgente de mejorar la formación en NdC no solo en el Máster de Formación del Profesorado, sino también en los grados que cursan previamente, de tal manera que estos futuros docentes puedan transmitir una visión más informada y matizada de la ciencia a sus estudiantes (Lederman, 2007).

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Over and over again: College students' views of nature of science. En L.B. Flick y N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 389-425). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_18
- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. (2023). Research on Teaching, Learning, and Assessment of Nature of Science. En N. Lederman, D. Zeidler y J. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 850-898). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-32>
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295–317.

- 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9312-5a1>
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. y Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509. <https://doi.org/10.1002/tea.10086>
- Bell, R. L., Mulvey, B. K. y Maeng, J. L. (2016). Outcomes of nature of science instruction along a context continuum: preservice secondary science teachers' conceptions and instructional intentions. *International Journal of Science Education*, 38(3), 493-520. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1151960>
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. *Science Education*, 15, 463-494. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-4846-7>
- Clough, M. P. (2007). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. *The pantaneto forum* 25(1), 31-40. <http://pantaneto.co.uk/teaching-the-nature-of-science-to-secondary-and-post-secondary-students-questions-rather-than-tenets-michael-clough/>
- Das, P. M., Faikhamta, C. y Punsuvon, V. (2019). Bhutanese Students' Views of Nature of Science: a Case Study of Culturally Rich Country. *Research in Science Education* 49, 391-412. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9611-9>
- Deng, F., Chen, D., Tsai, C. y Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961-999. <https://doi.org/10.1002/sce.20460>

- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: the importance of theories and their development*. Teachers College Press.
- 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. *Revista Española de Pedagogía*, 80(283), 433-450. <https://doi.org/10.22550/REP80-3-2022-01>
- García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2018). *The nature of scientific practice and science education*, 27, 435-455. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9>
- Hand, B., Prain, V., Lawrence, C. y Yore, L. D. (1999). Writing in science framework designed to enhance scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 21(10), 1021–1035. <https://doi.org/10.1080/095006999290165>
- Herman, B. C. y Clough, M. P. (2016). Teachers' longitudinal NOS understanding after having completed a science teacher education program. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14 (Suppl 1), 207-227. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9594-1>
- Jiménez, G. (2023). ¿Cuáles son los perfiles de entrada sobre la Naturaleza de la Ciencia de los futuros docentes de física y química? En J. C. Rodríguez (Ed.), *Educación siglo XXI: nuevos retos, nuevas soluciones*. Vol. 3 (pp. 160-167). Dykinson.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conception of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Lawrence Erlbaum Associates.

- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M. y Ebenezer, J. (2008). Assessing preservice elementary teachers' views on the nature of scientific knowledge: a dual-response instrument. *Asia-Pacific Forum on science learning and teaching*, 9(1), 1-20.
- Mc Comas, W. F. (Ed.) (2020). *Nature of Science in Science Instruction. Rationales and Strategies*. Springer.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. The Nuffield Foundation.
- Supprakob, S., Faikhamta, C. y Suwanruji, P. (2016). Using the lens of pedagogical content knowledge for teaching the nature of science to portray novice chemistry teachers' transforming NOS in early years of teaching profession. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1067–1080. <https://doi.org/10.1039/c6rp00158k>
- Wahbeh, N. y Abd-El-Khalick, F. (2014). Revisiting the translation of nature of science understandings into instructional practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 36(3), 425-466. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.786852>