

“¿El coronavirus es un ser vivo?”. Una situación de aprendizaje basada en la lectura para tratar la revisabilidad del conocimiento científico

Antonio García-Carmona 

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla. Sevilla, España. garcia-carmona@us.es

[Recibido: 18 marzo 2024, Revisado: 28 junio 2024, Aceptado: 04 julio 2024]

Resumen: Sensibilizados por la necesidad de diseñar propuestas didácticas para integrar la naturaleza de la ciencia (NDC) en la educación científica, se fundamenta y describe una situación de aprendizaje. En su diseño se asume un enfoque explícito y reflexivo, tal y como se sugiere desde la investigación didáctica para la enseñanza de NDC. La situación de aprendizaje consiste en la lectura y discusión del contenido de una noticia científica, publicada en el medio digital español *elDiario.es* durante la pandemia del coronavirus. La noticia presenta un debate en la comunidad de virólogos sobre si los virus deben o no considerarse seres vivos. Esto la hace idónea para reflexionar sobre la importancia de los debates en ciencia y el carácter revisable del conocimiento científico. La situación de aprendizaje está pensada para que pueda implementarse a partir del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, incluyendo la formación inicial del profesorado de ciencias, mediante las adaptaciones oportunas.

Palabras clave: Educación científica; Naturaleza de la ciencia; Noticias científicas; Revisabilidad del conocimiento; Situación de aprendizaje.

“Is the coronavirus a living being?”. A learning situation based on reading to address the revisability of scientific knowledge

Abstract: Sensitized by the need to design didactic proposals to integrate the nature of science (NOS) into science education, a learning situation is substantiated and described. Its design assumes an explicit and reflective approach, as suggested by didactic research for NOS teaching. The learning situation consists of reading and discussing the content of a science news item published in the Spanish digital media *elDiario.es* during the coronavirus pandemic. The news item presents a debate in the virology community on whether viruses should be considered living beings. This makes it ideal for reflecting on the importance of debates in science and the revisable nature of scientific knowledge. The learning situation is designed to be implemented from the 2nd cycle of compulsory secondary education (14-16 years old), including initial science teacher training, through appropriate adaptations.

Keywords: Learning situation; Nature of science; Revisability of knowledge; Science education; Science news.

Para citar este artículo: García-Carmona, A. (2024) “¿El coronavirus es un ser vivo?”. Una situación de aprendizaje basada en la lectura para tratar la revisabilidad del conocimiento científico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(3), 3205. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3205

El juego de la ciencia, en principio, no tiene fin. Quien un día decide que las afirmaciones científicas no requieren más pruebas y que pueden considerarse finalmente verificadas, se retira del juego. Karl Popper

Introducción

La comprensión de nociones básicas de la *naturaleza de la ciencia* (NDC) constituye uno de los objetivos esenciales para lograr una adecuada alfabetización científica (Hodson,

2014; McComas, 2020; OECD, 2019; Shamos, 1995). La NDC puede definirse como un *metaconocimiento* sobre la ciencia, que implica entender sus propósitos, prácticas, métodos, límites, valores, sistemas de organización e interacciones con la sociedad (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Irzik y Nola, 2011). Además de favorecer la comprensión de conceptos e ideas científicas (Michel y Neumann, 2016; Nelson et al., 2019; NSTA, 2020), un dominio básico de la NDC ayuda a analizar con criterio asuntos sociales donde interviene la ciencia (García-Carmona, 2023a; NSTA, 2020; Smith y Scharmann, 1999; Zeidler et al., 2011). De hecho, si los ciudadanos no poseen una comprensión informada de NDC, los argumentos que predominan en sus análisis sobre cuestiones sociocientíficas se centran, principalmente, en valores personales, la moral/ética y las preocupaciones sociales (Bell y Lederman, 2003); lo cual proyecta una perspectiva bastante limitada o incompleta de tales cuestiones. Asimismo, cuando los medios de comunicación tratan problemáticas sociocientíficas, sin atender a los aspectos de NDC inherentes a estas, contribuyen a que ciudadanos legos en NDC mermen su confianza en la ciencia (Cheung et al., 2023; Ophir y Jamieson, 2021).

Pero, a pesar de toda esta plétora de argumentos que justifican la integración de contenidos de NDC en los currículos de ciencia escolar, su atención en la educación científica continúa siendo un reto pendiente (Abd-El-Khalick y Lederman, 2023); especialmente, en el contexto educativo español (García-Carmona, 2021a, 2022a). Las razones que explican este estado de minusvaloración de la NDC son múltiples (García-Carmona, 2022b); si bien, una destacable es la falta de ejemplos de propuestas educativas, que puedan servir de referentes para animar al profesorado de ciencias a integrar nociones básicas de NDC en sus clases.

Conscientes de ello, la finalidad este trabajo es fundamentar y describir una situación de aprendizaje¹ para tratar *la naturaleza revisable del conocimiento científico* en las clases de ciencias. La situación de aprendizaje consiste en la lectura crítica y reflexiva de una noticia científica de la prensa, publicada en un diario español durante la pandemia del coronavirus.

Un recurso para aprender NDC: la lectura de noticias científicas

Diversos estudios han destacado la lectura de noticias de ciencia, publicadas en la prensa diaria, como un buen recurso para reflexionar y aprender sobre NDC (Cakmakci y Yalaki, 2012; Demirdöğen y Aydın-Günbatır, 2021; García-Carmona, 2014, 2023b; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2016; Shibley, 2003). No obstante, su uso en el aula requiere de varias consideraciones previas. La primera es que debe examinarse la fiabilidad de las noticias. Es cierto que los medios de comunicación prestigiosos recurren cada vez más a fuentes científicas especializadas para publicar noticias de ciencia (López-Pérez y Olvera-Lobo, 2015). Sin embargo, ello no los exime de ciertos sesgos. Por un lado, está la propia interpretación y/o intencionalidad periodística del medio al difundir las noticias. Todos los medios de comunicación tienen algún sesgo ideológico (Cardenal et al., 2018) que impregna el contenido de todo lo que publica, incluidas las noticias de ciencia (Ibáñez, 2008). Por otro lado, está la pérdida de rigor científico al intentar simplificar el mensaje para que llegue a la mayor audiencia posible, sea cual sea su nivel de alfabetización científica. Por ejemplo, Costa-Sánchez y López-García (2020) encontraron alarmismo y sensacionalismo en el tratamiento informativo de la pandemia por coronavirus en determinados medios de comunicación.

¹ Se asume aquí la noción de *situación de aprendizaje* como cualquier actividad (o secuencia de varias) que plantea al alumnado un problema o situación desafiante y contextualizada para resolver, con ayuda de saberes básicos, a fin de que adquiera competencias educativas claves.

La segunda consideración es que las noticias de un periódico no se redactan con una finalidad educativa; por tanto, es importante valorar previamente cuál es su *potencial didáctico* (García-Carmona, 2014). Esto implica estimar si el contenido científico tratado en las noticias es asequible para el alumnado con el que se trabajarían en clase, si son propicias para reflexionar sobre ciertos aspectos de NDC, y si son fácilmente integrables con el resto de los contenidos y actividades programadas para el curso de ciencias en cuestión.

Uso de noticias para discutir temas de NDC en clase de ciencias

La integración de aspectos de NDC en el currículo de ciencia escolar no ha de traducirse en ofrecer una serie de ideas declarativas y generales sobre las características del conocimiento y la actividad científica. Su atención en clase de ciencias debe estar encaminada, más bien, a promover en el alumnado que *piense* sobre esas características mediante situaciones de aprendizaje que les incite a contrastar sus ideas con las sugeridas por los marcos teóricos de NDC (e.g., Allchin, 2011; Clough, 2018; Erduran y Dagher, 2014; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018). Asimismo, de acuerdo con la investigación educativa, al respecto, la mejor forma de abordar la enseñanza de NDC es mediante un enfoque *explícito y reflexivo* (Acevedo-Díaz, 2009; Lederman, 2006); es decir, con objetivos de aprendizaje específicos, el diseño de actividades para que el alumnado reflexione y discuta sobre aspectos de NDC, así como un proceso de evaluación para determinar el grado de comprensión alcanzado (García-Carmona, 2023b).

Una de las fortalezas de las noticias científicas como recurso didáctico es que permite discutir sobre aspectos de NDC en contextos auténticos del desarrollo científico y de controversias sociocientíficas (Demirdöğen y Aydın-Günbatır, 2021; García-Carmona, 2013, 2014, 2023b; Murcia y Schibeci, 1999; Shibley, 2003). Esto favorece que el alumnado se aproxime a una visión más realista de la actividad y las repercusiones de la ciencia (Allchin, 2011; Clough, 2006; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2016). No obstante, como señalan Oliveras et al. (2013), el mensaje que una noticia científica desea difundir a la sociedad no siempre queda claro para todos los lectores, ni posiblemente lo interpreten de la misma manera. Cada lector identificará e interpretará el mensaje de acuerdo con su grado de competencia científica. De igual modo, el contenido de una noticia puede ser propicio para discutir determinados asuntos que a lo mejor el autor no se había planteado siquiera cuando la escribió. Por tanto, la lectura en clase de noticias de ciencia, en general, y particularmente para tratar temas de NDC, debe ir acompañada de una serie de cuestiones específicas, y contextualizadas en el contenido de las noticias, para focalizar la atención en aquellos aspectos de NDC que se desean discutir (García-Carmona, 2013, 2021a, 2023b; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2016).

Selección de noticias para reflexionar sobre la revisabilidad del conocimiento científico

En la selección de noticias científicas de la prensa para discutir aspectos de NDC, se pueden plantear tres estrategias posibles (García-Carmona, 2021b): (i) buscar noticias de ciencia que permitan tratar aspectos de NDC, decididos previamente, con independencia del contenido científico que trate; (ii) buscar noticias relacionadas con un tema o saber básico del currículo de ciencia escolar, y luego ver qué aspectos de NDC podrían abordarse con ellas; o bien, (iii) buscar noticias con la intención premeditada de que permita pensar sobre algún aspecto de NDC en el contexto de un contenido científico concreto.

En una revisión de noticias sobre física en la prensa española, García-Carmona (2014) encontró que estas podían agruparse en tres tipos, según los aspectos tratados: (1) *avances y límites de la ciencia* (e.g., nuevos experimentos y descubrimientos, debates en la comunidad científica), (2) *historia de la ciencia* (e.g., efemérides de hitos científicos y de personajes relevantes de la ciencia), y (3) *controversias sociocientíficas contemporáneas*. El tipo de noticias más abundantes era el referido a los avances y límites de la ciencia; lo cual revela que las noticias de los diarios sobre ciencia constituyen un recurso valioso para tratar en el aula el *dinamismo* permanente y en *tiempo real* de la ciencia. Esto se ha puesto especialmente de manifiesto durante la pandemia por coronavirus.

Dicho dinamismo de la ciencia pone en el centro uno de los rasgos más característicos de la NDC: la *revisabilidad* del conocimiento científico, acompañada de debate en la comunidad científica. La ciencia tiene como propósito comprender y explicar el comportamiento de los fenómenos de la naturaleza. Con tal fin, utiliza los métodos y recursos disponibles en cada época, así como las ideas y marcos teóricos establecidos para emitir hipótesis, diseñar experimentos, hacer interpretaciones de los datos, clasificaciones, etc. Asimismo, los avances en la investigación propician que aparezcan nuevas pruebas y se cuestionen algunas de las ideas científicas aceptadas hasta ese momento. Por eso, se dice que el conocimiento científico es *revisable* (Bell, 2009; Irzik y Nola, 2011; Lederman, 2006; McComas, 1998). Las modificaciones del conocimiento, fruto de los nuevos hallazgos y las conclusiones que se derivan, no son inmediatas, sino que normalmente van antecedidas de escepticismo y serias discusiones dentro de la comunidad científica (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2017). Pero, una vez aceptadas las correcciones o reinterpretaciones propuestas, el conocimiento resultante se asume como el más *válido* y *objetivo* del que dispone la ciencia.

Es necesario subrayar que la revisabilidad del conocimiento científico debe abordarse con especial cuidado en las clases de ciencias (Perla y Carifio, 2008). Desde edades tempranas, el alumnado tiende a desarrollar una concepción de ciencia idealizada, como un conjunto de *verdades absolutas* e infalibles (García-Carmona et al., 2012; McComas, 1998). Esto es, en buena medida, una consecuencia de la visión *rígida, descontextualizada, positivista y acumulativa* (de crecimiento lineal) de la ciencia, que suele proyectar el profesorado en el aula (García-Carmona et al., 2011; Fernández et al., 2002); pero, también, los libros de texto de ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2023; Ibáñez et al., 2019) y los medios de comunicación, documentales, películas, etc. (Dhingra, 2003; Osborne et al., 2022). Entonces, en el proceso de *deconstrucción* de esa imagen idealizada de la ciencia, es fácil que el alumnado pase a asumir un relativismo epistémico *ingenuo* (Abd-El-Khalick, 2001), al tomar conciencia de que la fiabilidad de un determinado conocimiento puede ser *cuestionable* a la luz de nuevas pruebas (Fernández et al., 2022). Por tanto, el reto educativo estará en conseguir que el alumnado comprenda que, el hecho de que el conocimiento científico sea revisable no significa que no sea durable y fiable (Abd-El-Khalick, 2012; Irzik y Nola, 2011; Perla y Carifio, 2008).

Para tratar la revisabilidad del conocimiento científico en las clases de ciencias, se sugiere prestar atención a la *naturaleza empírica y objetiva* de la ciencia (Romero-Maltrana et al., 2019). La primera de las dos características debe orientarse a entender que las nuevas ideas científicas deben superar múltiples pruebas empíricas, como una condición *sine qua non* antes de su posible aceptación (Bell, 2009; Lederman, 2006; Osborne et al., 2003). Y la segunda, para asimilar que la objetividad de la ciencia es el resultado de un proceso social complejo, que requiere de discusión, evaluación y consenso, dentro de la comunidad

científica (*intersubjetividad*), en relación con esas pruebas empíricas acumuladas y su interpretación (Abd-El-Khalick, 2012; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Irzik y Nola, 2011; Martins, 2015). En síntesis, la comprensión de la revisabilidad del conocimiento científico, en el contexto de la enseñanza de NDC, implica conciliar dos aspectos claves y epistemológicamente controvertidos en los estudios de la ciencia: la objetividad y la dimensión social de la ciencia, que integran factores tanto epistémicos como no-epistémicos (García-Carmona, 2024).

Descripción de la situación de aprendizaje

De acuerdo con todo lo anterior, en lo que sigue se describe una *situación de aprendizaje* consistente en la lectura, reflexión y discusión del contenido de una noticia de la prensa para tratar la revisabilidad del conocimiento científico.

Selección de la noticia científica y su potencialidad didáctica

La noticia seleccionada fue escrita por Enrique Sacristán (Agencia SINC²) y se publicó durante la pandemia del coronavirus en *elDiario.es*, bajo el título: “Un debate científico sin resolver: ¿El coronavirus es un ser vivo?” (Figura 1). Esta pandemia mundial supuso una problemática sociocientífica excepcional, que dio lugar a una gran cantidad de información en los medios de comunicación. Por tanto, mucha de esa información, como la expuesta en esta noticia, constituye un contexto idóneo para reflexionar y aprender sobre NDC (Cheung et al., 2023; Demirdöğen y Aydın-Günbatır, 2021; García-Carmona, 2021b; Shi, 2022).



Figura 1. Noticia de la prensa seleccionada para discutir sobre la revisabilidad del conocimiento científico en clase de ciencias. Disponible en https://www.eldiario.es/sociedad/coronavirus-explicar_0_1013848704.html

La noticia es propicia para pensar y discutir sobre la revisabilidad del conocimiento científico, incluyendo la importancia de los debates en la comunidad científica. En el subtítulo de la noticia se puede leer lo siguiente:

Los científicos no se ponen de acuerdo al preguntarse si está vivo un virus que ha infectado a más de un millón de personas en todo el mundo. Algunos consideran que este 'robot' de ARN y proteínas no es un ser vivo.

Luego, en el cuerpo de la noticia se recogen extractos literales de las opiniones de diferentes virólogos que fueron preguntados por el tema. En estos se puede leer cómo los propios científicos manifiestan algunas dudas y convicciones acerca de la catalogación de los virus como seres vivos. Por ejemplo:

² Servicio de Información y Noticias Científicas (SINC) es un medio de comunicación de noticias científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

[el coronavirus] llega a una célula humana a través de las mucosas, se adhiere a un componente específico de su membrana, abre un hueco y entra dentro, introduce su cadena de genes en el mecanismo celular y lo ‘engaña’ para que produzca los componentes de nuevos virus, que acaban saliendo a buscar más víctimas.

¿Algo que hace esto está vivo? "Yo considero que sí –apunta [Margarita] Del Val–, pero soy consciente de que la opinión de otros virólogos es distinta, en particular los que trabajan y reflexionan sobre el origen de la vida. Su objeción más habitual es que los virus nunca son metabólicamente activos, siendo esta una característica vital, junto a las de multiplicarse y evolucionar".

[Ester Lázaro]: "Cuando comencé a trabajar con virus hace más de 20 años me costaba creer que hubiera quien dudara sobre si eran seres vivos o no –comenta–. A fin de cuentas, están hechos de las mismas moléculas que la vida, incluyendo un genoma en el que se almacena la información sobre sus propiedades y funcionamiento. (...)".

Carlos Briones, también investigador (...): "Nuestro conocimiento actual apoya la idea de que los virus y viroides (agentes infecciosos todavía más sencillos) no deberían ser considerados como seres vivos, aunque resulten fundamentales en la evolución de la vida y en la configuración de nuestra biosfera."

[Ester Lázaro]: "A pesar de que pienso que los virus no son seres vivos, tampoco son cómo la materia inerte –reconoce–. El debate continúa abierto y es muy probable que siga así mucho tiempo. Quizás deberíamos renunciar a categorizar y poner límites, aceptando que entre la vida y la no vida hay entidades que no sabemos muy bien cómo clasificar pero que cumplen su función en la historia de la vida".

Conexión con el currículo

La lectura de la noticia y su discusión en clase podría tratarse en 2º ciclo de ESO, Bachillerato e, incluso, en la formación inicial del profesorado de ciencias. La adaptación de la situación de aprendizaje a cada una de estas etapas se determinaría, por tanto, en función de la cantidad y/o complejidad de las preguntas que se formulen para reflexionar sobre el aspecto de NDC considerado. En la tabla 1 se recoge, a título de ejemplo, una posible relación de objetivos de aprendizaje, así como su conexión con los saberes básicos, competencias y criterios de evaluación específicos de la materia de Biología y Geología para 3º de ESO (Real Decreto 217/2022).

Tabla 1. Conexión de la situación de aprendizaje (SdA) con el currículo de Biología y Geología de 3º de ESO.

Objetivos de aprendizaje: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar conciencia de la importancia de los debates en la comunidad científica para el avance de la ciencia, después de la lectura y discusión de una noticia sobre el coronavirus. 2. Entender la naturaleza revisable del conocimiento científico con ayuda de la lectura crítica y reflexiva de una noticia sobre el coronavirus. 3. Asumir la clasificación de microorganismos como una práctica científica esencial de los virólogos para desarrollar conocimiento sobre aquellos, tras la lectura y discusión de una noticia relativa al coronavirus. 4. Comprender, mediante la lectura reflexiva de un debate sobre el coronavirus, la influencia de las ideas y alineamientos teóricos de los científicos en sus investigaciones. 5. Elaborar una definición propia y razonada de virus a partir de la lectura crítica y reflexiva de un debate científico sobre la naturaleza de los virus, surgido a raíz de la pandemia del coronavirus. 		
Elementos del currículo oficial de Biología y Geología (ByG) de 3º ESO (Real Decreto 217/2022) con los que conecta la SdA		
<i>Competencias específicas</i>	<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Saberes básicos</i>
<p>ByG.1 Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.</p> <p>ByG.2 Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.</p>	<p>ByG.1.1 Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, páginas web, etc.), manteniendo una actitud crítica y obteniendo conclusiones fundamentadas.</p> <p>ByG.2.3 Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, destacando el papel de la mujer y entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución, influida por el contexto político y los recursos económicos.</p>	<p><i>ByG - Bloque A: Proyecto científico.</i></p> <p>– La labor científica y las personas dedicadas a la ciencia: contribución a las ciencias biológicas y geológicas e importancia social. El papel de la mujer en la ciencia.</p> <p>– La evolución histórica del saber científico: la ciencia como labor colectiva, interdisciplinar y en continua construcción.</p> <p><i>ByG - Bloque H: Salud y enfermedad.</i></p> <p>– Mecanismos de defensa del organismo frente a agentes patógenos (barreras externas y sistema inmunitario): su papel en la prevención y superación de enfermedades infecciosas.</p> <p>– La importancia de la vacunación en la prevención de enfermedades y en la mejora de la calidad de vida humana.</p>

Implementación de la situación de aprendizaje

Tomando como referencia los objetivos de aprendizaje formulados (tabla 1), en la tabla 2 se proponen algunas cuestiones que podrían plantearse para que el alumnado reflexione, desde un prisma NDC, sobre lo tratado en la noticia. A la derecha de cada cuestión se

incluye una relación de ideas deseables a desarrollar en el alumnado sobre la revisabilidad del conocimiento científico, de acuerdo con los marcos teóricos actuales para la enseñanza de NDC (Abd-El-Khalick, 2012; Acevedo-Díaz et al., 2017; Bell, 2009; Erduran y Dagher, 2014).

Tabla 2. Posibles cuestiones para reflexionar y discutir sobre la revisabilidad del conocimiento científico, en el contexto de la noticia, e ideas deseables a desarrollar.

Cuestiones para la reflexión	Ideas de NDC deseables a desarrollar en el alumnado
<p>1. A raíz de lo leído en la noticia, ¿qué crees que suele suceder en una determinada comunidad científica para resolver debates como este?</p> <p>(Objetivos de aprendizaje 1 y 2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La validez de nuevas interpretaciones científicas sobre un fenómeno se determina por consenso en la comunidad científica, tras muchas comprobaciones y debate. - La resolución de un debate científico consiste en asumir una explicación o interpretación de un fenómeno como la mejor disponible (objetiva), aun a sabiendas de que, si surgen nuevos hallazgos, se podrá reabrir el debate.
<p>2. De acuerdo con lo que argumentan los científicos entrevistados, parece que no es fácil determinar si los virus son o no seres vivos. Si los virus están siendo estudiados desde hace mucho tiempo por los virólogos, ¿por qué piensas que surgen debates como el presentado en la noticia?</p> <p>(Objetivos de aprendizaje 1 y 2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevos hallazgos o manifestaciones de fenómenos inducen a los científicos a revisar el conocimiento científico establecido al respecto.
<p>3. Margarita Del Val considera que los virus son seres vivos, aunque sabe que esto no lo comparten otros virólogos. ¿Por qué crees que pueden darse estas diferencias de opiniones entre científicos de élite ante un mismo fenómeno de la naturaleza?</p> <p>(Objetivos de aprendizaje 2 y 4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Si los científicos se alinean con marcos teóricos diferentes, posiblemente interpretarán una misma observación de forma distinta. - La naturaleza no ofrece información tan simple como para que pueda ser interpretada por los científicos unívocamente. - Las ideas científicas pueden ser interpretadas de manera diferente, según el campo científico desde el que se está enfocando la investigación (p.e., los virólogos vs. los que estudian el origen de la vida, según Margarita del Val).
<p>4. Ester Lázaro explica que, en sus inicios como investigadora, tenía claro de que los virus son seres vivos; pero que, actualmente, y aun con algunas dudas, piensa que no lo son. ¿Qué factor o factores consideras que han podido influir en ese cambio de concepción?</p> <p>(Objetivos de aprendizaje 2 y 4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El conocimiento científico no es estático. La acumulación de más y mejores pruebas empíricas sobre un fenómeno invitan a revisar las concepciones de los científicos sobre el comportamiento de este. - Los científicos honestos y coherentes con los valores y normas de la ciencia aceptan, aun con escepticismo, los consensos de su comunidad científica respecto al conocimiento sobre un determinado fenómeno.

Tabla 2. Continuación.

Cuestiones para la reflexión	Ideas de NDC deseables a desarrollar en el alumnado
<p>5. <i>¿Qué interés o importancia crees que tiene para la comunidad científica de virólogos el debate descrito en la noticia sobre clasificar o no a los virus en seres vivos?</i></p> <p>(Objetivos de aprendizaje 1, 2 y 3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los científicos, al investigar los fenómenos de la naturaleza, tratan de encontrar patrones de comportamiento mediante clasificaciones para facilitar su comprensión y la comunicación dentro de su comunidad. Estas clasificaciones están en continua revisión, a la luz de nuevas pruebas y evidencias científicas, para mejorarlas. - La existencia de interpretaciones diferentes sobre un mismo fenómeno estimula el avance de la ciencia. - La discusión de ideas entre los científicos constituye una oportunidad para revisar el conocimiento científico establecido, a fin de lograr que este se robustezca lo más posible. - Los debates científicos ponen de manifiesto el carácter dinámico y revisable del conocimiento, que está en permanente (re)construcción, aunque a veces haya estancamientos.
<p>6. <i>A raíz del debate científico que has leído, ¿consideras que los virus deben clasificarse como seres vivos? Argumentalo.</i></p> <p>(Objetivo de aprendizaje 5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo con la clasificación de ser vivo, aceptada actualmente en la comunidad de virólogos, los virus reúnen la mayoría de los requisitos para ser considerados seres vivos, pero no con todos (p.e., no son metabólicamente activos); por tanto, no se pueden clasificar como tales.

Es importante subrayar que tales ideas deseables no han de concebirse como conocimientos declarativos, sino como argumentos que deberían estar presentes en las reflexiones de los alumnos cuando discutan sobre el tema de NDC en cuestión. Por tanto, son ideas orientativas en cantidad y profundidad para ayudar al profesor, interesado en implementar esta situación de aprendizaje, a calibrar el nivel de exigencia más adecuado a sus intereses docentes y a las características de su alumnado. Por ejemplo, en relación con la pregunta 5 (*interés de los debates en la comunidad de virólogos*), mientras que para bachillerato o en la formación de futuro profesorado de ciencias sería aconsejable promover las cuatro ideas de NDC que se proponen en la tabla 2, en 3º de ESO podría ser suficiente con que se desarrollaran una o dos de ellas (e.g., *las clasificaciones en la ciencia están en continua revisión a la luz de nuevas pruebas y la existencia de interpretaciones diferentes sobre un mismo fenómeno estimula el avance de la ciencia*). En una implementación preliminar de la situación de aprendizaje, llevada a cabo por el autor con estudiantes de profesorado de primaria, se ha visto que puede asumirse la propuesta de la tabla 2.

La situación de aprendizaje puede ser implementada en tres sesiones de clase, de 1 h cada una, siguiendo las siguientes fases (García-Carmona, 2021a):

- *Fase inicial: Lectura de la noticia.* Sin instrucción previa y organizados en pequeños grupos de trabajo, los alumnos leen individualmente la noticia. A continuación, cada grupo trata de elaborar una respuesta a las preguntas planteadas. El docente animará a que las respuestas en cada grupo sean fruto de una discusión previa y del consiguiente consenso entre todos los miembros. Pero, si surgen opiniones contrarias que no hagan posible el consenso en la respuesta, se pueden expresar las diferencias. Los que siguen son tres

ejemplos de respuestas de equipos de estudiantes de profesorado de primaria a la pregunta 1:

Grupo A: Gracias a los distintos debates y discusiones que se generan, los científicos serán más autocríticos al escuchar las ideas del resto de compañeros para poder afinar y enriquecer estas ideas iniciales y llegar a una más veraz.

Grupo B: Gracias a estos debates, se puede ir avanzando en la comprensión de la ciencia, ya que, gracias a todos los puntos de vista de cada científico, se va creando una idea general y mejorada de lo que se pensaba anteriormente acerca de un tema.

Grupo C: Desde nuestro punto de vista, aquellos científicos o grupos de ellos que trabajen de forma conjunta comienzan con una investigación sobre el tema. En ese proceso, además de realizar un estudio, se procede a la reunión de evidencias que fundamentan su teoría. Posteriormente, se debaten estas teorías entre los diferentes científicos, llegando así a conclusiones, que serán aceptadas por la comunidad de científicos hasta que se demuestre lo contrario.

- *Fase intermedia: Discusión en clase de las respuestas iniciales.* Tras la elaboración de las primeras respuestas a las preguntas, se hace una puesta en común para que los grupos compartan y discutan sus opiniones. Para ello, un representante de cada grupo expone las respuestas de su grupo a los demás. Una vez que todos los grupos hayan hecho esto, se promueve un turno de preguntas entre los grupos y un debate. Esto debe ser orquestado por el docente, quien estimulará la discusión, introduciendo matices o planteando preguntas auxiliares para enriquecer el debate. Asimismo, deberá activar conflictos cognitivos cuando se expongan concepciones ingenuas o inadecuadas para que sean los propios alumnos quienes traten de construir la comprensión deseable. El fin debe ser que los grupos lleguen a conclusiones comunes sobre el aspecto de NDC abordado.

- *Fase final: Conclusiones.* Tras la discusión entre los grupos sobre las cuestiones planteadas, cada grupo habrá de revisar sus respuestas iniciales (primera fase). Esto se traducirá en introducir correcciones, matizaciones o ampliaciones que consideren necesarias para mejorar sus argumentos respecto a lo discutido sobre NDC. Igualmente, se aconseja acompañar esa revisión de un proceso metacognitivo, donde el alumnado exprese qué le ha quedado claro y sobre qué tiene dudas o sigue sin comprender respecto a lo tratado. Los tres grupos de estudiantes, cuyas respuestas iniciales a la pregunta 1 se han expuesto, a modo de ejemplos, en la descripción de la fase inicial, reelaboraron sus respuestas como sigue:

Grupo A: Seguimos manteniendo las ideas expuestas en la respuesta inicial, pero profundizaremos más en ellas. El conocimiento científico es único y aceptado en tanto en cuanto la comunidad científica ha llegado a un consenso sobre cuál es la mejor explicación posible a un fenómeno con los medios de los que se dispone en ese momento y contexto determinado.

Grupo B: [Respecto a nuestra respuesta inicial] solo matizamos que las ideas que se exponen en los debates [científicos] deben ir acompañadas de pruebas y argumentos.

Grupo C: Desde nuestro punto de vista, los científicos o grupos de ellos que trabajen de forma conjunta comienzan una investigación sobre el tema, de forma que todos saben lo mismo en cuanto a datos, comportamientos [del fenómeno]... No obstante, cada uno de ellos realizará sus propias reflexiones e interpretaciones, llegando de esta forma a tener sus propias visiones sobre el tema. En este proceso, además de realizar un estudio, se procede a la reunión de evidencias que fundamentan su teoría teniendo en cuenta que, hasta que la comunidad científica no llegue a dictamen/acuerdo (...), aún existirá un debate abierto sobre el tema.

Evaluación de la situación de aprendizaje

Dado que la situación aprendizaje está pensada para su implementación en condiciones habituales de clase, con el fin de evaluar su efectividad educativa se sugiere que el alumnado recoja en un informe de grupo sus respuestas iniciales y finales a cada una de las preguntas. De este modo, y con ayuda de una rúbrica con distintos niveles de logro, se podrán determinar progresiones de aprendizaje respecto a las ideas de NDC discutidas. Para ilustrar esto con un ejemplo, en la tabla 3 se presenta una propuesta de rúbrica con cuatro niveles de logro para evaluar el objetivo de aprendizaje 2, si se pensara aplicar la situación de aprendizaje en la formación inicial de profesorado de primaria.

Tabla 3. Propuesta de rúbrica con niveles de logro para evaluar la adquisición de ideas de NDC asociadas al objetivo de aprendizaje 2.

Objetivos de aprendizaje	Indicadores de niveles de logro
2. Entender la naturaleza revisable del conocimiento científico con ayuda de la lectura crítica y reflexiva de una noticia sobre el coronavirus	<p>Nivel 3: En las reflexiones de los alumnos sobre las cuestiones planteadas, en torno a la lectura, se expresan explícitamente las siguientes ideas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El conocimiento científico no es estático. Nuevos hallazgos o manifestaciones de un fenómeno instan a la comunidad científica a revisar el conocimiento disponible sobre estos. - La validación de nuevas interpretaciones científicas de un fenómeno se determina por consenso en la comunidad científica, tras muchas comprobaciones y debate. - Los debates científicos ponen de manifiesto el carácter dinámico y revisable del conocimiento, que está en permanente (re)construcción, aunque a veces haya estancamientos. <p>Nivel 2: En las respuestas a las cuestiones sobre la lectura se reflejan hasta dos de las ideas indicadas en el nivel 3.</p> <p>Nivel 1: En las respuestas a las cuestiones sobre la lectura solo se refleja una de las ideas indicadas en el nivel 3.</p> <p>Nivel 0: En las respuestas no se refleja adecuadamente ninguna de las ideas indicadas en el nivel 3.</p>

Comentario final

La situación de aprendizaje presentada es solo una de tantas posibles para promover la comprensión de nociones de NDC en las clases de ciencias; en este caso, sobre la naturaleza revisable del conocimiento científico. Hasta el momento, solo ha sido implementada como pilotaje preliminar en la formación inicial de profesorado de primaria. Con lo cual, aunque los primeros resultados revelan la utilidad potencial de la situación de aprendizaje para los fines perseguidos, su eficacia didáctica, en esta u otra etapa educativa, está aún por probar desde el rigor investigativo (se espera poder abordar esto pronto). Por tanto, debe ser acogida como un ejemplo orientativo para diseñar situaciones de aprendizaje similares, que usen como recurso la lectura reflexiva de noticias científicas de la prensa, a fin de abordar aspectos de NDC en la enseñanza de las ciencias. En todo caso, la eficacia de leer noticias de la prensa para aprender sobre NDC, en la formación inicial de profesorado de primaria, ya ha sido verificada en estudios anteriores (García-Carmona, 2023b; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2016).

Las noticias científicas publicadas en la prensa diaria, con una selección adecuada, constituyen un recurso didáctico interesante y asequible para discutir en el aula cuestiones relacionadas con la NDC (García-Carmona, 2013, 2014); sobre todo, si se desea tratar el *dinamismo* de la ciencia y su *interacción* con la sociedad. Pero, ello se justifica también por el hecho de que, la mayor parte de la ciudadanía se informa de noticias relacionadas con la ciencia solo a través de los medios de comunicación, incluyendo las redes sociales (Höttecke y Allchin, 2020; Jarman y McClune, 2007). Entonces, la educación científica no puede eludir la responsabilidad de desarrollar en el alumnado las competencias necesarias para gestionar con criterio y espíritu crítico estas fuentes de información sobre la ciencia (Miller, 2004; Osborne et al., 2022).

Así pues, se anima al profesorado de ciencias a incorporar en sus clases, de forma rutinaria, la lectura crítica y reflexiva de noticias científicas de la prensa bajo *la lupa* de NDC. Como afirma Miller (2004), una persona tendrá un nivel adecuado de alfabetización científica cuando sea capaz de entender las noticias de las secciones de ciencia de los principales medios de comunicación. Pero, especialmente, si sabe discernir la fiabilidad e intencionalidad de tales noticias; lo cual requiere, entre otras capacidades, manejar un conocimiento básico e informado de *cómo funciona* la ciencia (García-Carmona, 2023a).

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación PID2022-137471NB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Gobierno de España).

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary science courses: Abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, 12, 215-233. <https://doi.org/10.1023/A:1016720417219>
- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2023). Research on teaching, learning, and assessment of nature of science. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler y J. S. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education. Volume III* (pp. 850-898). Routledge.
- Acevedo-Díaz, 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. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.04
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Los Libros de la Catarata.

- 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*. Organización de Estados Iberoamericanos.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 918-942. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>
- Bell, R. L. (2009). Teaching the nature of science: Three critical questions. In *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. *Science Education*, 87(3), 352-377. <https://doi.org/10.1002/sce.10063>
- Cakmakci, G. y Yalaki, Y. (2012). *Promoting student teachers' ideas about nature of science through popular media*. S-TEAM / NTNU.
- Cardenal, A., Galais, C., Moré, J., Cristancho, C. y Majó-Vázquez, S. (2018). El reto de medir el sesgo ideológico en los medios escritos digitales. *Quaderns del CAC*, 31(44), 37-46. https://www.cac.cat/sites/default/files/2019-01/Q44_Cardenal_etal_ES.pdf
- Cheung, K. K. C., Chan, H. Y. y Erduran, S. (2023). Communicating science in the COVID-19 news in the UK during Omicron waves: exploring representations of nature of science with epistemic network analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-14. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01771-2>
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-4846-7>
- Clough, M. P. (2018). Teaching and learning about the nature of science. *Science & Education*, 27(1-2), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9964-0>
- Costa-Sánchez, C. y López-García, X. (2020). Comunicación y crisis del coronavirus en España. Primeras lecciones. *El Profesional de la Información*, 29(3), e290304. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.may.04>
- Demirdöğen, B. y Aydın-Günbatır, S. (2021). Teaching nature of science through the use of media reports on COVID-19. *Science Activities*, 58(3), 98-115. <https://doi.org/10.1080/00368121.2021.1957757>
- Dhingra, K. (2003). Thinking about television science: how students understand the nature of science from different program genres. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), pp. 234-256. <https://doi.org/10.1002/tea.10074>
- Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing nature of science for science education*. Springer.
- Fernández, I., Gil, D., Alís, J. C., Cachapuz, A. F. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3962>
- Fernández, N., Benítez, F. y Romero-Maltrana, D. (2022). Social character of science and its connection to epistemic reliability. *Science & Education*, 31(6), 1429-1448. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00290-3>

- García-Carmona, A. (2013). Aprender sobre la naturaleza de la ciencia con noticias científicas de actualidad. El caso del experimento OPERA. *Alambique*, 75, 66-75. <http://hdl.handle.net/11441/59425>
- García-Carmona, A. (2014). Naturaleza de la ciencia en noticias científicas de la prensa: Análisis del contenido y potencialidades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 493-509. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1307>
- García-Carmona, A. (2021a). The nature of science in the Spanish literature on science education: a systematic review covering the last decade. *Revista de Educación*, 394, 231-258. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>
- García-Carmona, A. (2021b). Learning about the nature of science through the critical and reflective reading of news on the COVID-19 pandemic. *Cultural Studies of Science Education*, 16(4), 1015-1028. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10092-2>
- García-Carmona, A. (2022a). La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje de las sucesivas reformas curriculares en España: un análisis desde la tradición CTS. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 17(51), 77-94. <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/320/281>
- García-Carmona, A. (2022b). Spanish science teacher educators' preparation, experiences, and views about nature of science in science education. *Science & Education*, 31(3), 685-711. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00263-6>
- García-Carmona, A. (2023a). Scientific thinking and critical thinking in science education. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5>
- García-Carmona, A. (2023b). Improving preservice primary teachers' understanding of the nature of methods of science through reflective reading of news articles. *Science & Education*, 32(6), 1847-1867. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00338-y>
- García-Carmona, A. (2024). The non-epistemic dimension, at last a key component in mainstream theoretical approaches to teaching the nature of science. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00495-2>
- García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2016). Learning about the nature of science using newspaper articles with scientific content. *Science & Education*, 25(5-6), 523-546. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9831-9>
- García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education. *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>
- García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 23-34. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/252558>
- Hodson, D. (2014). Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. En M. R. Matthews (ed.), *International*

- Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 911-970). Springer.
- Höttecke, D. y Allchin, D. (2020). Re-conceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641-666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>
- Ibáñez, J. J. (2008). Sesgos de la prensa científica: El papel de las instituciones y sus gabinetes de prensa. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/06/02/93568>
- Ibáñez Ibáñez, M. M., Romero López, M. C. y Jiménez Tejada, M. P. (2019). ¿Qué ciencia se presenta en los libros de texto de Educación Secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 37(3), 49-71 49. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2668>
- Irzik, G. y Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Jarman, R. y McClune, B. (2007). *Developing scientific literacy. Using the news media in the classroom*. Open University Press.
- Lederman, N. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 1-11. https://www.eduhk.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/index.htm
- López-Pérez, L. y Olvera-Lobo, M. D. (2015). El tratamiento de la información científica en las ediciones digitales de los periódicos españoles. *El Profesional de la Información*, 24(6), 766-777. <https://doi.org/10.3145/epi.2015.nov.08>
- 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. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. En W. F. McComas (ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-70). Kluwer.
- McComas, W. F. (ed.) (2020). *Nature of science in science instruction*. Springer.
- Michel, H. y Neumann, I. (2016). Nature of science and science content learning. *Science & Education*, 25(9-10), 951-975. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9860-4>
- Miller, J. D. (2004). Public understanding of, and attitudes toward, scientific research: What we know and what we need to know. *Public Understanding of Science*, 13(3), 273-29. <https://doi.org/10.1177/0963662504044908>
- Murcia, K. y Schibeci, R. (1999). Primary student teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1123-1140. <https://doi.org/10.1080/095006999290101>
- National Science Teaching Association [NSTA] (2020, January). Nature of science. Position statement. <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science>
- Nelson, C. E., Scharmann, L. C., Beard, J. y Flammer, L. I. (2019). The nature of science as a foundation for fostering a better understanding of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 12(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0100-7>

- Oliveras, B., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes. *International Journal of Science Education*, 35(6), 885-905. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.586736>
- Ophir, Y. y Jamieson, K. H. (2021). The effects of media narratives about failures and discoveries in science on beliefs about and support for science. *Public Understanding of Science*, 30(8), 1008-1023. <https://doi.org/10.1177/09636625211012630>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *PISA 2018. Assessment and analytical framework*. OECD Publishing.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Osborne, J., Pimentel, D., Alberts, B., Allchin, D., Barzilai, S., Bergstrom, C., Coffey, J., Donovan, B., Kivinen, K., Kozyreva, A. y Wineburg, S. (2022). *Science education in an age of misinformation*. Stanford University.
- Perla, R. J. y Carifio, J. (2008). Can our conception of the nature of science be tentative without qualification? *Journal of Educational Thought*, 42(2), 127-150. <http://www.jstor.org/stable/23767083>
- 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>
- Romero-Maltrana, D., Benítez, F., Vera, F. y Rivera, R. (2019). The ‘nature of science’ and the perils of epistemic relativism. *Research in Science Education*, 49(6), 1735-1757. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9673-8>
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.
- Shi, W. Z. (2022). Understanding the nature of science through COVID-19 reports. *Nature Human Behaviour*, 6(3), 311-311. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01303-z>
- Shibley, I. A. (2003). Using newspapers to examine the nature of science. *Science & Education*, 12(7), 691-702. <https://doi.org/10.1023/A:1025687424931>
- Smith, M. U. y Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4), 493-509. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199907\)83:4%3C493::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199907)83:4%3C493::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-U)
- Zeidler, D. L., Applebaum, S. M. y Sadler, T. D. (2011). Enacting a socioscientific issues classroom: Transformative transformations. En T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom* (pp. 277-305). Springer.