

Visión de la ciencia ofrecida por los libros de texto de Física y Química

Ignacio Chanivet Delgado 

IES Santo Domingo. Cádiz. España. chanivetracho@gmail.com

María del Mar Aragón-Méndez 

Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz. España. mariadelmar.aragon@uca.es

[Recibido: 30 noviembre 2023, Revisado: 22 enero 2024, Aceptado: 13 marzo 2024]

Resumen: Los expertos en didáctica de las ciencias consideran la formación en naturaleza de la ciencia (NdC) como un pilar fundamental en la alfabetización científica del alumnado. En el presente estudio se analiza la visión de la NdC ofrecida por siete libros de texto perteneciente a diferentes editoriales con presencia en el ámbito nacional. Se empleará el análisis de contenido mediante fichas de trabajo. Tras analizar los contenidos, se llega a la conclusión de que la imagen de la NdC transmitida por estos manuales es escasa y no siempre coincide con la imagen consensuada por los investigadores. Se plantea como una necesidad revisar los contenidos que se imparten sobre NdC, así como incorporar en la formación del profesorado una visión general y amplia sobre la NdC.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia; Ciencia, tecnología y sociedad; Libros de texto; Secundaria

The Vision of Science presented by Physics and Chemistry Textbooks

Abstract: Science education experts consider the nature of science (NoS) as a basic topic in scientific literacy of the students. The main purpose of this paper is analyzing what is the science vision offered by five popular textbook publishers. It will be used content analysis through worksheets. After this research, it is concluded that the vision of NoS offered by these textbooks is limited and, in some cases, this vision does not match with the expert's consensus. Furthermore, it is necessary to check high school programs and the main contents about NoS and including a deep vision of NoS in the science teachers training.

Keywords: Nature of science; Science, technology and society; Textbook; High-school.

Para citar este artículo: Chanivet Delgado, I y Aragón-Méndez. (2024). Visión de la ciencia ofrecida por los libros de texto de Física y Química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(2), 2701. doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2701

Introducción

La presencia de elementos científicos y tecnológicos en la sociedad moderna conlleva la necesidad de la alfabetización científica, entendida como un aprendizaje que permita a la ciudadanía adquirir una visión profunda, crítica y reflexiva de la ciencia, favoreciendo el interés por ella y la participación en cuestiones tecnocientíficas de forma responsable. Por todo, existe acuerdo en la necesidad de incluir en la enseñanza de la ciencia una formación en NdC, no obstante, los currículos de secundaria otorgan mayor prioridad a los contenidos tradicionales (Acevedo-Díaz et al., 2005; Amador-Rodríguez et al., 2019; Gallego y Ballesteros, 2022). Además, la NdC se aborda de forma incompleta, transmitiendo una visión inadecuada de la ciencia, que no coincide con la imagen consensuada por los expertos (Vázquez-Alonso et al., 2004; Vázquez-Alonso y Manassero, 2012). A este problema se une el bajo interés y conocimiento por parte de los docentes en NdC (Lederman, 1992). Sería deseable que los libros de texto incorporasen contenidos relacionados con la NdC, fundamentales para la formación científica del alumnado (Garritz, 2009). Un primer acercamiento a los manuales al uso nos hace pensar que, posiblemente, los contenidos presentados y la visión de la ciencia transmitida no coinciden

con la imagen consensuada. Acorde a esta problemática se plantean los siguientes objetivos:

1. Analizar qué contenidos se abordan sobre NdC en los libros de texto y qué dimensiones contemplan. Concretamente, en la unidad dedicada a la actividad científica en la asignatura de Física y Química de 2º de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO).
2. Analizar qué imagen de la ciencia transmiten los libros de Física y Química. Para ello, proponemos las siguientes metas:
 - Estudiar si se trasladan visiones ingenuas o informadas sobre la ciencia.
 - Comparar la visión ofrecida sobre el «método científico»¹ en estas unidades.
 - Estudiar la imagen transmitida de la ciencia por parte de una de las editoriales a lo largo de la ESO.

Marco teórico

La naturaleza de la ciencia (NdC) es un metaconocimiento sobre la ciencia de carácter interdisciplinar que implica ámbitos como la sociología, la filosofía o la historia; y trata de entender qué es la ciencia, cómo funciona, cómo obtiene los conocimientos y los valida, cómo se organiza la comunidad científica, así como la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (Acevedo-Díaz et al., 2005; Amador-Rodríguez et al., 2019). No es sencillo ofrecer una interpretación unívoca sobre la NdC, debido a su carácter cambiante y a la ausencia de una metodología única para las ciencias. Desde los griegos hasta el presente, el conocimiento científico no ha dejado de transformarse respondiendo a las necesidades y problemas sociales (Solís y Sellés, 2013). En los últimos siglos, los logros de la ciencia han generado un creciente interés filosófico y didáctico acerca de la NdC. Tradicionalmente, la NdC ha sido interpretada desde el positivismo, corriente que concibe el conocimiento científico como una acumulación de hechos objetivos dados por la observación y la experimentación. Esta concepción continúa predominando en muchos libros de texto y en gran parte del profesorado (Vázquez-Alonso et al., 2001). A lo largo del siglo XX, surgirían visiones alternativas al positivismo. Kuhn y Lakatos incidieron en la relación de la ciencia con su contexto histórico y sociológico, enmarcada en un paradigma. Popper establecería una visión racionalista de la ciencia, adoptando la falsabilidad como criterio de demarcación (Chalmers, 2010). Amador-Rodríguez et al. (2019) destacan cinco épocas epistemológicas principales: el positivismo lógico, el racionalismo crítico, la nueva filosofía de la ciencia, el postkuhnianismo y las visiones contemporáneas. El paradigma actual comprende una gran cantidad de escuelas que convergen hacia la moderación, huyendo de las posturas más radicales de la filosofía de la ciencia. Entre estas propuestas destaca el semanticismo, que caracteriza a las teorías científicas como un conjunto de modelos que presentan relaciones entre sí (Amador-Rodríguez et al., 2019; Vázquez-Alonso et al., 2001).

Aunque las visiones sobre la NdC continúan siendo diversas y, en ocasiones, contradictorias, hay un consenso en concebir la ciencia como una disciplina cambiante y dinámica, con una metodología flexible, que adquiere conocimientos sobre el mundo físico y actúa sobre él (Vázquez-Alonso et al., 2001; Vázquez-Alonso et al., 2004). También existe amplio consenso en considerar la NdC como contenido curricular de la educación

¹ Se emplea en el trabajo el término «método científico» por simplicidad. Entendemos que el método científico no es único ni universal, caracterizándose la actividad científica por su pluralidad metodológica

científica, dada su relevancia en la formación para la ciudadana y en la formación científica básica, es decir, en la alfabetización científica. Esta importancia radica en su capacidad para proporcionar una comprensión más profunda y reflexiva de la actividad científica y de la influencia mutua entre ésta y la sociedad, promoviendo el desarrollo de habilidades críticas, a la vez que propicia la toma de decisiones fundamentadas acerca de asuntos científicos y tecnológicos de utilidad para la vida diaria y de relevancia social (Bennassar et al., 2010; García-Carmona, 2021).

En cambio, no existe un consenso claro acerca de qué contenidos incluir. Entre otras, destaca la propuesta de Mathews (2012), recopilada por Acevedo y García-Carmona (2016). Estos autores recogen también los contenidos propuestos por la tradición CTS y destacan cuatro dimensiones: naturaleza del conocimiento científico, de tipo epistemológico; ciencia y tecnología; sociología interna de la ciencia; y sociología externa de la ciencia (tabla 1). En esta línea, Adúriz-Bravo (2005), para la formación del profesorado, aboga por propuestas que articulen los contenidos en campos teóricos que analicen las cuestiones epistemológicas de interés, con enfoque histórico y dando un papel predominante a la argumentación.

Tabla 1. Dimensiones y contenidos sobre la naturaleza de la ciencia.

Naturaleza del conocimiento científico	Experimentación, fiabilidad, objetividad, observaciones e inferencias, estatus de hipótesis de teorías y leyes, creatividad e imaginación, pluralismo metodológico, método científico, supuestos de la ciencia, paradigmas y, coherencia conceptual, razonamiento lógico, modelos científicos, esquemas de clasificación, precisión e incertidumbre, comunicación científica, matematización, serendipia y error, simplicidad, elegancia y belleza.
Ciencia y tecnología	Ideas sobre ciencia, ideas sobre tecnología, diferencias y relaciones entre ciencia y tecnología, investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), ideas sobre tecnociencia.
Sociología interna de la ciencia	Construcción social del conocimiento científico (comunidades y grupos de trabajo, comunicación, influencia nacional y local...) y cuestiones personales como, género y feminismo, religión, ética, valores y normas, sentimientos, intereses y motivaciones.
Sociología externa de la ciencia	Influencia de la sociedad en la ciencia y tecnología (estructuras de poder político y factual, financiación...), influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (organizaciones sociales, problemas sociales...), influencia de la ciencia escolar en la sociedad.

Acevedo et al. (2007) y Vázquez et al. (2004) analizaron si existía un consenso en los tópicos relacionados con la NdC, concluyendo que, aunque en ciertos aspectos se produce, en otros, por el momento, no es posible. En el presente trabajo se tendrán en cuenta las visiones consensuadas recogidas por Acevedo-Díaz et al. (2007).

Históricamente, los manuales han sido un instrumento fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Lorenzo et al., 2017). A pesar del auge de las nuevas metodologías, siguen siendo una herramienta de peso para docentes y estudiantes. Tanto es así, que en los últimos tiempos se ha desarrollado toda una línea de investigación que propone al libro de texto como objeto de estudio (Ocelli y Valeiras, 2013). En esta línea se encuentran investigaciones que ponen el foco en las visiones ingenuas sobre NdC transmitidas por los manuales, y que inciden en el tratamiento histórico, la visión del trabajo experimental, la sociología de la ciencia o el papel de la mujer en la ciencia, entre otros (Amador-Rodríguez et al., 2019, 2021; Lampert y Porro, 2019; Lanzillotta y Kandel, 2014; López-Navajas, 2014; Lorenzo y Farré, 2013; Mayorga et al., 2012; Ibáñez et al., 2019; Solaz-Portolés, 2010). Lorenzo et al. (2017) presentan una guía orientativa para docentes sobre cómo elegir el libro de texto atendiendo a cuestiones relacionadas con la NdC.

Metodología

Este trabajo parte de una muestra de 7 libros de texto de Física y Química (Anexo 1). 5 de ellos corresponden a 2º (13-14 años) de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO) y a diferentes editoriales. Los 2 restantes son de 3º y 4º de ESO de una de estas editoriales. La muestra fue seleccionada por conveniencia, atendiendo a que las editoriales fuesen usuales. Concretamente, se analiza la primera unidad del libro de texto, dedicada a la actividad científica. Presuponemos que la información ofrecida por estos manuales puede ser representativa de la visión de la NdC transmitida en la ESO.

Este estudio, de tipo descriptivo y diagnóstico, opta por el análisis de contenido (Piñuel, 2002; Picado y Rico, 2011), que permite realizar comparaciones entre diversos documentos (Bernete, 2013) y es habitual en el análisis de manuales escolares (Calvo et al., 2005; Jiménez-Valladares y Perales, 2001; López-Sánchez et al., 2018). El estudio es de tipo transversal y selecciona información del mismo contenido para diferentes textos de Física y Química de un mismo nivel educativo. Además, se realiza un estudio longitudinal para una editorial, y se analizan los contenidos de NdC a lo largo de la ESO en la unidad dedicada a la actividad científica.

Para responder al primer objetivo de investigación se analizan todas las dimensiones y contenidos presentados en la tabla 1, partiendo de la categorización de Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016) de los contenidos de NdC, la más completa de las encontradas en la bibliografía. Para el segundo, la imagen de la ciencia proporcionada por los manuales, se seleccionan y analizan las frases, expresiones o términos que aportan ciertas visiones, dilucidando si se aproximan a una perspectiva informada según los consensos o, por el contrario, conllevan una visión ingenua. Para ello, se parten de los consensos sobre NdC aportados por la bibliografía (Acevedo-Díaz et al., 2007; Vázquez-Alonso et al., 2004). El análisis se efectuó por acuerdo de dos jueces.

Resultados e interpretación

Contenidos

En la tabla 2 se muestran los contenidos de aprendizaje presentes en las editoriales seleccionadas, clasificados según las dimensiones: naturaleza del conocimiento científico, ciencia y tecnología, sociología interna de la ciencia, y sociología externa de la ciencia.

Destacando algunas peculiaridades de las editoriales respecto a los contenidos de su propuesta, en la editorial A el contenido central es la metodología científica, el resto se trata en función de esta. En la Editorial C el abordaje de la metodología científica es menos extenso, con un enfoque matemático, aunque es la única que analiza las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, y con una cierta profundidad. La editorial E se distingue por contemplar el método científico como un proceso cíclico. La Editorial B destaca por presentar de forma más extensa el papel de la mujer en la ciencia. La editorial D es la única que no considera contenidos correspondientes a la sociología interna o externa de la ciencia, se centra en aspectos matemáticos y en la búsqueda de información como actividad a realizar por el alumnado en sus trabajos científicos.

Tabla 2. Contenidos sobre NdC presentes en los textos analizados.

Editorial	Naturaleza del conocimiento científico	Relación ciencia- tecnología	Sociología interna de la ciencia	Sociología externa de la ciencia
A	Experimentación, observación, objetividad, método científico, hipótesis, teorías y leyes, modelos, creatividad e imaginación, belleza y belleza, simplicidad, serendipia y error, precisión e incertidumbre, matematización, comunicación.	Nociones sobre ciencia.		Los científicos informan a la sociedad. La sociedad depende de la ciencia de la tecnología.
B	Experimentación, observaciones e inferencias, método científico, pluralismo metodológico, hipótesis.	Nociones sobre ciencia.	Construcción social del conocimiento científico, género, la mujer en la ciencia.	
C	Objetividad, estatus de hipótesis, precisión e incertidumbre, supuestos de la ciencia y método científico, esquemas de clasificación, comunicación y matematización.	Ideas sobre ciencia y tecnología, diferencias y relaciones entre ellas. I+D+I.		Influencia recíproca entre la sociedad y la ciencia y la tecnología.
D	Experimentación, observaciones e inferencias, método científico, estatus de hipótesis, teorías y leyes, razonamiento lógico, esquemas de clasificación, comunicación, serendipia y error.	Nociones sobre ciencia.		
E	Experimentación, objetividad, observaciones e inferencias, estatus de hipótesis, teorías y leyes, simplicidad, elegancia y belleza, comunicación científica y método científico.	Nociones sobre ciencia.	Género y feminismo. Intereses, sentimientos y motivaciones de los científicos.	

En la figura 1 se presenta un conteo de frecuencias de los contenidos de NdC en la totalidad de manuales según la propuesta de Acevedo-Díaz y García- Carmona (2016).

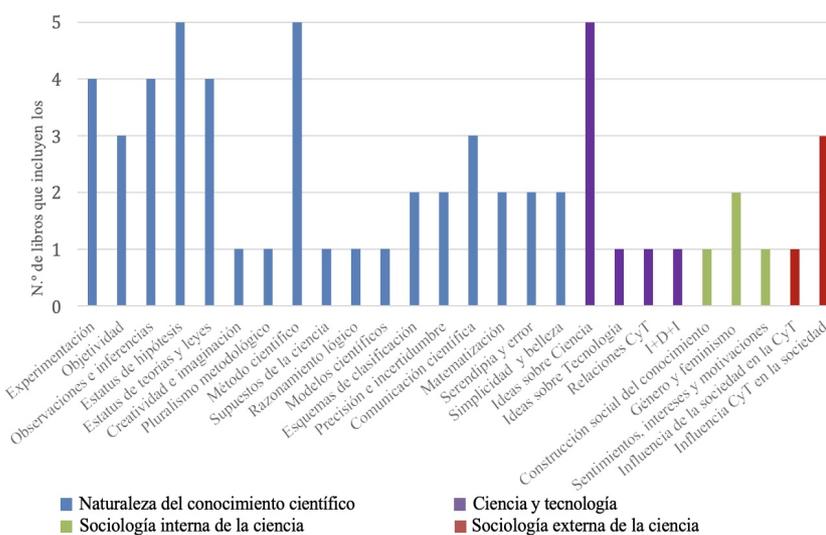


Figura 1. Contenidos de NdC abordados en los libros de texto.

Los contenidos epistémicos predominan en el conjunto de editoriales, abordándose la mayoría de los contemplados en la tabla 1 en una u otra editorial, excepto los conceptos de fiabilidad, paradigma y coherencia conceptual. Los contenidos más recurrentes son el método científico y el estatus de hipótesis. La observación y la experimentación se tratan en tanto que son considerados fases del método científico. La importancia de la creatividad y la imaginación, el pluralismo metodológico, los supuestos de la ciencia y el razonamiento lógico solo aparecen de forma esporádica.

En cuanto a los contenidos sobre las relaciones ciencia y tecnología, todas desarrollan el concepto de ciencia, mientras que solo una aborda la innovación, la tecnología, así como sus relaciones con la ciencia. Destaca la ausencia del concepto de tecnociencia.

En cuanto a la sociología interna sólo una editorial aborda algún aspecto relacionado con la construcción del conocimiento científico, incidiendo en la existencia de proyectos de investigación que implican equipos interdisciplinarios y diversas instituciones. Las cuestiones personales son algo más frecuentes; dos textos tratan la problemática de género y uno subraya los diferentes intereses, sentimientos y motivaciones de los científicos. Es destacable que no se planteen otros contenidos como, por ejemplo, los aspectos éticos de la ciencia, ni sus valores y normas, ni la influencia de las creencias y de religión en el trabajo de los científicos.

Respecto a la sociología externa de la ciencia, el elemento más recurrente es la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, apareciendo en dos de las cinco editoriales, mientras que solo una tiene en cuenta la influencia de la sociedad en la ciencia y en la tecnología. En este caso se enfatiza la necesidad de inversión económica y participación de los estados en la investigación científico-tecnológica.

Un aspecto de interés observado en la unidad estudiada es la gran presencia de contenidos matemáticos y técnicos, ajenos a la NdC, a los que se dedican aproximadamente la mitad de la extensión. Los matemáticos suelen ser la medición, el cambio de unidades, la notación científica, los múltiplos y los factores de conversión; entre los técnicos encontramos las normas de seguridad en el laboratorio y la gestión de residuos. Si bien estos contenidos son importantes, desarrollarlos con tanta amplitud supone reducir la riqueza de los contenidos sobre NdC, además de ofrecer una visión matematizada, técnica e instrumental de la ciencia, ignorando la totalidad de las dimensiones que engloban el quehacer científico.

Visiones sobre la ciencia

A continuación, se ofrece el resultado del estudio por editoriales, ilustrándose con algunas de las frases o expresiones extraídas de los textos.

La editorial A traslada mayoritariamente una idea de ciencia un tanto ingenua, reflejada en expresiones como *La ciencia es un conjunto ordenado de conocimientos objetivos verificables experimentalmente*; la objetividad no se matiza ni se pone en duda, aparece como el valor principal. En cambio, el concepto de método científico es más adecuado, al dotarlo de flexibilidad en cuanto a sus fases. Respecto al estatus de hipótesis, leyes y teorías encontramos visiones poco informadas, por ejemplo, sobre la afirmación *Una hipótesis es una suposición que intenta explicar un hecho observado, debe estar enunciada de forma clara y precisa, y deben poder comprobarse experimentalmente para saber si son verdaderas o falsas*, podríamos decir que no todas las hipótesis parten de un hecho observado, ni son verificables experimentalmente. Algo similar apreciamos respecto de las leyes *Una ley es una hipótesis confirmada mediante experimentos, Una*

teoría es una ley generalizada que explica un conjunto de hechos. De aquí se sigue que leyes, teorías e hipótesis son el mismo tipo de conocimiento, pero con diferente estatus. En cambio, ley y teoría tienen características epistemológicas diferentes, es decir, son distintos tipos de conocimiento: mientras que la ley posee carácter descriptivo, las teorías pretenden explicar dichos fenómenos, según recogen los consensos actuales (Acevedo-Díaz et al., 2007). Proporciona una definición adecuada de modelo científico: *Un modelo es una representación gráfica o conceptual que sirve para interpretar como es algo.*

La editorial B, a pesar de abordar pocos contenidos sobre NdC, lo suele hacer de manera informada. Muestra la ciencia como un proyecto común, social y colaborativo: *La ciencia suele basarse en proyectos colaborativos que implican a diferentes instituciones frecuentemente internacionales y con equipos formados por especialistas de diferentes campos. Ó La ciencia no parte de cero: cada persona contribuye a todo el conocimiento ya acumulado.* Considera el método científico como un proceso flexible, acorde a la imagen consensuada. Sobre las hipótesis afirma que *Las pruebas que validen la hipótesis se pueden encontrar por dos vías: trabajo de campo y experimentación.* Esta visión, si bien supera enfoques más simplistas, no es suficientemente profunda, al ofrecer una visión reduccionista de la validación de hipótesis, sin tener en cuenta otros mecanismos como pueden ser el razonamiento lógico y racional coherente con un cuerpo teórico aceptado por la comunidad científica. En definitiva, no todas las hipótesis se prestan a la experimentación. Por último, esta editorial enfatiza en la cuestión de género mencionando una larga lista de científicas de renombre y ofreciendo una visión adecuada: *Durante siglos, el trabajo científico se consideró exclusivo de los hombres, y las mujeres ejercieron un papel de simples ayudantes. Sin embargo, en la actualidad podemos nombrar científicas con grandes aportaciones a la ciencia. Estas grandes científicas han abierto caminos para que las mujeres desempeñan las mismas funciones que los hombres en investigación científica.*

La editorial C ofrece, en líneas generales, una visión adecuada de la ciencia, aunque los contenidos epistémicos son abordados con brevedad. No se desarrolla en profundidad el método científico, la observación, ni la experimentación; en cambio, el abordaje de la dimensión tecnológica es completo y adecuado, así como el del informe científico. Respecto a la ciencia afirma que *es una construcción del ser humano que se debe a la contribución de muchas personas a lo largo de la historia,* concibiendo el conocimiento científico como una construcción social y humana, en sintonía con la imagen consensuada. También se enfatizan aspectos de la ciencia como la reproducibilidad o la argumentación racional, aunque no se considera la importancia de las intuiciones o suposiciones como punto de partida del conocimiento científico. Respecto a la noción de modelo científico, se aporta una definición adecuada e introductoria. La relación entre ciencia y tecnología se aborda conforme a los consensos, destacando que son dos disciplinas que se retroalimentan y se necesitan mutuamente, y resaltando las principales diferencias entre ambas: *propósito, punto de partida y procedimiento.* Se llevan a cabo afirmaciones como *no conviene hablar solo de ciencia, ni solo de tecnología, ni solo de sociedad, sino de relaciones CTS.* Se contempla la mutua relación entre ciencia y sociedad, y se incorporan elementos sociológicos, considerando la ciencia como algo cercano, que afecta directamente a nuestra vida, *La investigación científico-tecnológica requiere de grandes inversiones económicas, lo que obliga a la participación de los estados. Estas inversiones han de ser socialmente aceptadas.*

La editorial D ofrece una definición de la ciencia que, aunque limitada, aporta características interesantes como la racionalidad y la lógica. Del método científico, transmite una visión más ingenua y dogmática: *El método científico es un procedimiento o conjunto de pasos ordenados que permiten estudiar cualquier fenómeno natural llegando a establecer las leyes que lo explican*. Se caracteriza el método como un proceso rígido que, tras seleccionar un fenómeno, te devuelve una ley, sin lugar para el error. Respecto al estatus de hipótesis, teoría y ley, se dice que *las hipótesis son respuestas lógicas y provisionales ya que no son las respuestas definitivas hasta su verificación*, lo que supone una concepción poco informada, ya que la validación de una hipótesis no conduce a un conocimiento definitivo. Respecto al concepto de teoría, aunque se introduce la necesidad de consenso en la comunidad científica y se relativiza su validez, algunos comentarios reflejan una concepción más ingenua, al subordinarla a ley, que sería un conocimiento más riguroso: *Una teoría que se ha demostrado y comprobado científicamente que además es de aplicación universal se convierte en una ley científica*. Debería considerarse que ley y teoría son diferentes tipos de conocimiento, con finalidades distintas. Por último, se trata la comunicación científica de forma unidireccional, de los científicos a la sociedad, acotando la complejidad del problema.

La editorial E aborda ideas interesantes sobre las características personales de los científicos, desmitificándolos y haciéndolos más cercanos, *los científicos y las científicas tienen aficiones igual que tú*. Continúa expresando las aficiones de muchos científicos: *Ramón y Cajal llegó a ser culturista*. Posteriormente, se realizan afirmaciones sobre la ciencia que, si bien son parciales, revelan en parte su dimensión histórica y cultural: *La ciencia tal y como hoy la conocemos nació en el siglo XIX gracias a los avances tecnológicos y a un cambio de perspectiva*. Respecto a la metodología científica, sin embargo, se ofrece una imagen ingenua y dogmática, *el método científico es un conjunto de pasos ordenados que nos garantizan explicar fenómenos con una gran seguridad*, reflejando que no hay lugar para el error en la ciencia. Respecto al concepto de ley, se ofrece una idea parcial: *una ley científica es una relación matemática demostrada según el método científico que describe un fenómeno*, puesto que las leyes no siempre son descritas de forma matemática, como sucede, por ejemplo, en el caso de las leyes de Mendel. Algo similar podría decirse del concepto de teoría: *Una teoría científica es una explicación de por qué y como sucede un fenómeno en la realidad mediante el uso de leyes y conceptos varios* que, aunque enfatiza su carácter explicativo, no contempla que las teorías no siempre se fundamentan en leyes. Aun así, el enfoque de las leyes y las teorías es bastante más adecuado que en otros manuales

Visiones sobre el método científico

El tratamiento de la metodología científica en los textos refleja un abordaje deficiente. Aunque no existe una definición unánime de método científico hay convergencia en cuanto a la ingenuidad de algunas características tradicionalmente atribuidas. Entre ellas, Acevedo-Díaz et al. (2007) destaca el absolutismo metodológico, considerando el método científico como un procedimiento único y universal, conformado por un número ordenado de pasos que aseguran resultados objetivos, claros, válidos y exactos. Igualmente, encontramos consensos (Vázquez-Alonso et al., 2004; Acevedo-Díaz et al., 2007) sobre características atribuibles al método científico, como el propósito de adquirir conocimientos sobre el mundo físico de forma racional, su utilidad para generar conocimiento, su carácter plural, flexible y cíclico, su intersubjetividad, su dependencia de la imaginación, la creatividad o el azar. A partir de estos acuerdos, para comparar entre las

visiones ofrecidas, se atribuye a cada editorial una puntuación (tabla 3), positiva por cada característica informada, y negativa por cada atribución ingenua.

Tabla 3. Comparación de las editoriales según su visión sobre el método científico.

El método científico ...	Editorial A	Editorial B	Editorial C	Editorial D	Editorial E
Es una única forma de hacer ciencia (-1)					
Es objetivo, exacto o seguro (-1)	X				X
Tiene siempre los mismos pasos (-1)	X			X	X
Tiene pasos que siguen un orden (-1)				X	X
Es proceso lineal (-1)		X	X	X	
Garantizan los resultados (-1)					X
No garantiza los resultados (+1)					
No es un método único (+1)	X	X			
No tiene etapas fijas (+1)					
+Tiene etapas que no sigue en orden (+1)	X				
Es un proceso cíclico (+1)					X
Supone construcción social del conocimiento (+1)		X	X		
Contempla la Serendipia (+1)	X				
Requiere de creatividad e imaginación (+1)					

Como puede apreciarse en la tabla, globalmente, las concepciones ingenuas predominan. La editorial A es la que realiza un abordaje más amplio, analizando diversos tópicos; aunque no está exenta de concepciones ingenuas es la que más se acerca a la imagen consensuada. Las editoriales B y C hacen un tratamiento más breve, no siendo todas las ideas informadas. La editorial D es la que ofrece una visión más rígida, positivista y alejada de los consensos, aunque la imagen reflejada por la editorial E no difiere mucho.

En cuanto a los esquemas propuestos para representar el “método científico” (Figura 2), la editorial A no presenta ninguno y las editoriales B, C y D esquemas lineales. La B propone el planteamiento de un problema, la formulación de hipótesis, la búsqueda de pruebas (mediante observación o experimentación), analizar los resultados y emitir conclusiones. Las editoriales C y D exponen esquemas similares, aunque añaden la posibilidad de replantar nuevas hipótesis si la comprobación es negativa. En la forma de comprobar las hipótesis, la C plantea solo la experimentación –lo que resulta ingenuo- y en la D no se especifica ningún procedimiento. Al presentar metas finales, la C se refiere a la obtención de conocimiento y la D, a la formulación de leyes o teorías; es ingenuo afirmar que el planteamiento de una única investigación desemboque en una teoría, además, no toda investigación conduce a una ley. La editorial E es la única que proporciona un esquema cíclico para representar el método científico, aunque este no se completa de forma adecuada ya que en ningún momento se refleja el planteamiento de problemas. Ninguno de los esquemas representa satisfactoriamente la metodología científica.

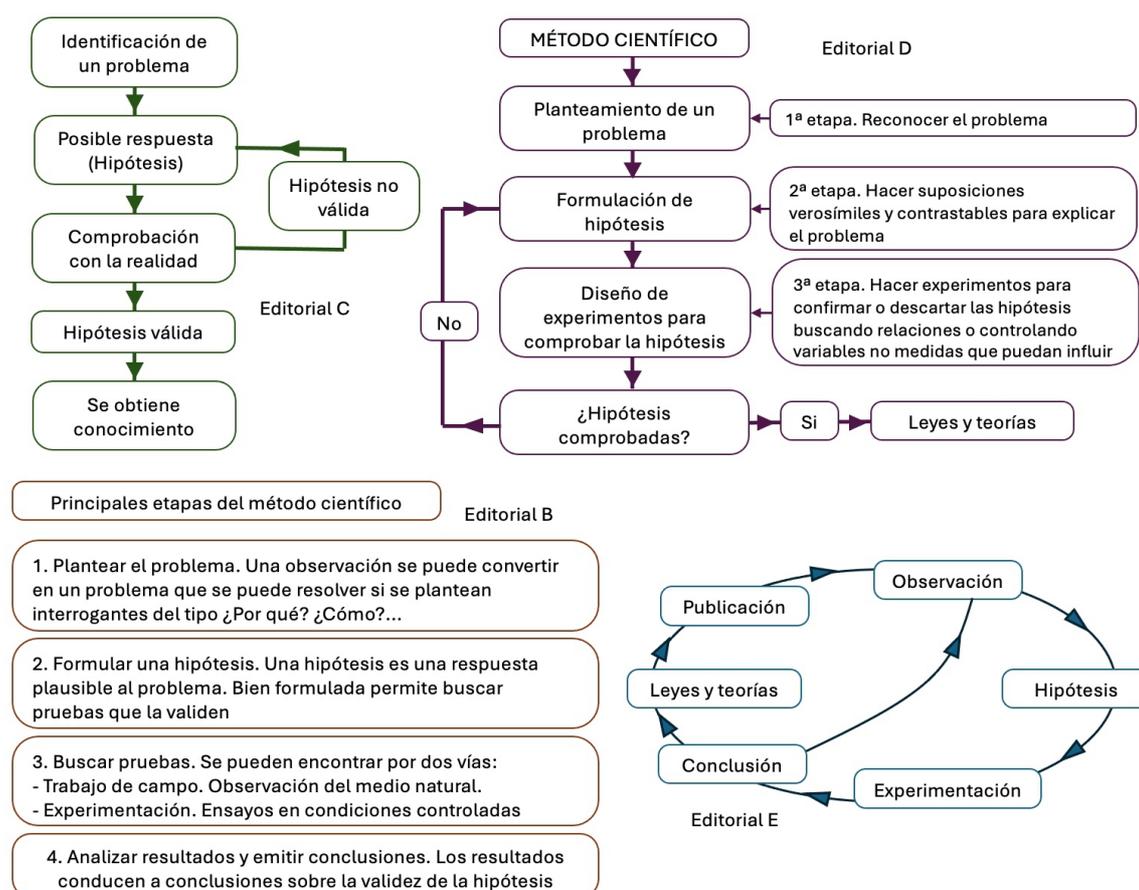


Figura 2. Reproducción de los esquemas del método científico presentados por las editoriales.

Análisis longitudinal

Finalmente se analiza la visión ofrecida sobre la ciencia por parte de una editorial, –la C, que trata menos contenidos epistémicos–, con la intención de conocer la progresión planteada a lo largo de la secundaria (tabla 4).

Tal como se indicó, en 2º ESO, no desarrolla en profundidad el concepto de método científico, aunque si realiza un buen análisis de la dimensión CTS. En 3º de ESO se produce un avance significativo en los aspectos epistémicos ofreciendo visiones informadas, pero se retrocede en los no epistémicos, que no se abordan. Se reflexiona sobre la dificultad de definir la ciencia, alejándose de posturas dogmáticas. Respecto al método científico, la editorial alude al pluralismo metodológico y a su flexibilidad al afirmar que *esta secuencia de pasos no tiene por qué ser siempre así*, mientras que, en el curso anterior, solo se mostraba un esquema lineal sin más aclaración. El texto previene sobre las visiones ingenuas de la ciencia: *No existen las observaciones objetivas, No todas las hipótesis se convierten en leyes, El conocimiento científico está en plena evolución, Si algo caracteriza a la evolución de la ciencia es la creatividad*. No obstante, hay contenidos epistémicos que no se tratan: paradigmas, experimentación, razonamiento lógico, claridad, elegancia, matematización, etc. Más importante es la ausencia completa de contenidos sobre sociología de la ciencia. En 4º curso también se plantea la dificultad de definir qué es la ciencia y vuelve a destacar el pluralismo metodológico, desmintiendo la necesidad de unas etapas fijas y ordenadas, describiendo el método como un conjunto de requisitos, dotándolo de gran flexibilidad y priorizando la fiabilidad de las conclusiones frente a la certeza absoluta.

Tabla 4. Principales visiones sobre la ciencia transmitidas según el estudio longitudinal

Editorial C	Relacionadas con contenidos epistémicos	Relacionadas con contenidos no epistémicos
2º ESO	<p>*El método científico es un proceso lineal. *La ciencia es objetiva. La ciencia se caracteriza por la reproducibilidad y la argumentación racional. Se aporta una visión informada de modelo científico. La ciencia es una construcción social, produciéndose a lo largo de la historia. La ciencia y tecnología son dos disciplinas que se retroalimentan y necesitan mutuamente, diferenciándose en sus propósitos, punto de partida y procedimientos.</p>	<p>Existe una influencia recíproca entre la sociedad, la ciencia y la tecnología. La ciencia afecta directamente a nuestra vida. La investigación científico-tecnológica requiere de grandes inversiones económicas, lo que obliga a la participación de los estados. Estas inversiones han de ser socialmente aceptadas.</p>
3º ESO	<p>No existen observaciones objetivas. Se manifiesta la dificultad de definir que es la ciencia. La ciencia evoluciona a lo largo de la historia. La ciencia se caracteriza por su creatividad. No todas las hipótesis tienen por qué convertirse en leyes. El método científico es plural y flexible. Se aporta una visión adecuada de modelo científico.</p>	
4º ESO	<p>Plantea la dificultad de definir qué es la ciencia El método científico no está formado por etapas fijas y ordenadas; es plural y flexible, se asocia a un conjunto de requisitos, priorizando fiabilidad de las conclusiones frente a la certeza absoluta. Las leyes describen y las teorías explican; se incide en su distinta naturaleza epistemológica. Se ofrece una imagen adecuada y más profunda de modelo Se describe la experimentación, destacando el control de variables y se da importancia a los experimentos mentales.</p>	<p>Existe una influencia recíproca entre la sociedad, la ciencia y la tecnología. La ciencia afecta directamente a nuestra vida.</p>

*Visiones ingenuas

Respecto a la noción de hipótesis, teoría y ley, se afirma, de acuerdo con los consensos, que *las leyes describen y las teorías explican*, incidiendo en la distinta naturaleza epistemológica de estos dos conocimientos. También profundiza en la noción de modelo y experimentación, destacando el control de variables y los experimentos mentales. Además, se aborda la dimensión CTS.

Existe, por tanto, una progresión de los contenidos epistémicos a lo largo de la secundaria para el caso de la editorial C. El salto es sustancialmente mayor de 2º a 3º de ESO, con respecto a 4º. Aun así, se observa una evolución en la profundidad y la complejidad del contenido. No obstante, hay contenidos epistémicos no tratados en ninguno de los tres cursos, y la ausencia de contenidos de sociología de la ciencia es casi absoluta a lo largo de toda la etapa de secundaria. Además, aunque se desarrollan contenidos coherentes con visiones informadas de la ciencia, no se aprecian actividades que contribuyan a que los estudiantes adquieran estas visiones. Se puede considerar que la enseñanza de NdC se realiza de forma explícita pero no hay un enfoque reflexivo.

Discusión y conclusiones

Los libros de texto analizados muestran un predominio claro de los contenidos epistémicos, en detrimento del resto de contenidos. Los contenidos relacionados con la dimensión CTS solo se presentan en una editorial, mientras que aquellos relacionados con la sociología de la ciencia son prácticamente olvidados. En ningún manual se analizan, casi ni se sugieren, aspectos que condicionan enormemente la comprensión de la ciencia como, la ideología, la política, la economía, la ética... Esto supone una gran deficiencia atendiendo a las tendencias que abogan

por una formación más holística en NdC que integre tanto contenidos epistémicos como no epistémicos (Allchin, 2004; García-Carmona et al., 2018). La inclusión de contenidos relacionados con la sociología interna y externa de la ciencia desempeña un papel fundamental en la formación del alumnado en ciencias experimentales. En particular, proporciona a los estudiantes una perspectiva más amplia y crítica sobre NdC, capacitándoles para evaluar informadamente las afirmaciones científicas, identificar sesgos y prejuicios en la investigación, y participar de manera más activa en debates científicos y sociales. Además, el manejo de contenidos no epistémicos de la ciencia fomenta el pensamiento reflexivo, la capacidad de análisis y la apreciación de la complejidad inherente al proceso científico, preparando así a los estudiantes para enfrentar los desafíos y oportunidades del mundo contemporáneo en constante evolución. Sería recomendable, por tanto, aumentar el número de tópicos de NdC incluidos en los objetivos de aprendizaje, visibilizando especialmente las distintas dimensiones contempladas para analizar los contenidos NdC.

Respecto a la visión ofrecida por las distintas editoriales, es difícil extraer una conclusión general, ya que depende del tópico analizado y del enfoque editorial. Solo podemos afirmar que algunas editoriales están más próximas que otras a las imágenes informadas, aunque ninguna está exenta de concepciones ingenuas. Sería aconsejable ofrecer una imagen menos dogmática de la ciencia que contribuyese a la reflexión y al fomento del pensamiento crítico. El trabajo de Fernández et al. (2002), publicado ahora hace 20 años, ponía de manifiesto las visiones deformadas, reduccionistas y descontextualizadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza, así como la imagen elitista que se ofrecía del científico. Actualmente, parece que pocas cosas se han modificado, si bien asoman tímidamente algunos cambios.

Entre las limitaciones de este estudio están, por una parte, las debidas a la elección de la muestra; si bien se ha procurado la elección de libros de texto usuales en el ámbito nacional, no se puede afirmar que se haya dibujado un panorama generalizable. No obstante, otros estudios similares con muestras mayores (Ibáñez et al., 2019) muestran resultados convergentes. Además, para el abordaje de los contenidos sobre NdC a lo largo de la secundaria se ha consultado solo una de las editoriales, siendo conveniente ampliar la muestra y analizar si existe una tendencia respecto a los posibles niveles de progresión en la enseñanza de la NdC. Se puede añadir que el análisis se realiza según la visión de consenso tradicional sobre NdC (Vázquez-Alonso et al., 2004), estando este marco sometido a revisión (Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2020) por considerarse en cierta medida reduccionista y devaluadora del papel de la tecnología frente a la ciencia.

A la vista del análisis se generan varios interrogantes abordables en futuras investigaciones. En primer lugar, cabría preguntarse si las propuestas de las editoriales en relación con la enseñanza sobre NdC reflejan lo que se enseña en el aula, pudiendo ser de interés describir el panorama actual en cuanto a la enseñanza de la NdC, dando continuidad los trabajos ya publicados al respecto. En segundo lugar, cabría plantearse un estudio más amplio que abarque el abordaje de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología (NdCyT) a través de diferentes materias del área científico-tecnológica y en diferentes niveles educativos, secundaria obligatoria, bachillerato. La finalidad sería la elaboración de posibles niveles de progresión para aprender sobre NdCyT de manera transversal durante la enseñanza secundaria, que considerase tanto las peculiaridades de los contenidos como los intereses y la madurez cognitiva del alumnado a los que se dirigen, habida cuenta las deficiencias que, en este sentido, muestra el currículo oficial (Ibáñez et al., 2019). El estudio podría extenderse a la enseñanza universitaria. Finalmente, y relacionado con lo anterior, sería necesario diseñar propuestas metodológicas que permitiesen el aprendizaje de NdCyT. En este sentido, tendría especial

interés el diseño de actividades y tareas, problema detectado por diversos autores (Acevedo-Díaz et al., 2016; Ibáñez et al., 2019).

De forma mayoritaria, las propuestas actuales se decantan por un tratamiento explícito de la NdC frente al enfoque implícito (Acevedo-Díaz, 2009). Entre las actividades que actualmente se proponen podríamos citar el análisis reflexivo de episodios de la historia de la ciencia (Acevedo-Díaz et al., 2017), noticias científicas de prensa diaria (García-Carmona, 2014), juegos, que ofrezcan una analogía del conocimiento científico, como cajas negras o rompecabezas (Vázquez-Alonso y Manassero, 2016). En este sentido, Vázquez-Alonso y Manassero (2012), plantean una revisión de los currículos españoles con la finalidad de observar los contenidos consensuados e identificar las debilidades y fortalezas de la didáctica de estas cuestiones. La investigación de Bennassar et al., (2010) considera la necesidad de adaptar los contenidos de NdC para su enseñanza a través de la transposición didáctica, aunque esto implique una simplificación de los mismos.

Finalmente, es importante destacar las implicaciones didácticas para la formación del profesorado. Las investigaciones de Lederman (1992) indicaban ya, hace 30 años, la falta de interés por parte de los docentes de ciencias en enseñar cuestiones sobre su naturaleza, y un bajo entendimiento de la misma. No se puede enseñar lo que no se conoce. Vázquez-Alonso et al., (2004) inciden en esta cuestión, argumentando que una de las principales dificultades de incluir la NdC en el currículo es la baja formación de los docentes en estas cuestiones. En esta línea, Fernández et al., (2002) señalaban las visiones empiristas y dogmáticas de algunos docentes, que no distan demasiado de la visión de ciudadanos ajenos al quehacer científico. Esto conecta con la deficiente formación de los futuros docentes de ciencias sobre aspectos relacionados con la epistemología, la historia y la sociología de la ciencia; una formación universitaria centrada en la praxis y en los contenidos tradicionales y académicos, con poco espacio para la reflexión, el pensamiento crítico y las cuestiones filosóficas. Se precisa, de este modo, una revisión de la formación que reciben los futuros docentes, así como una mayor implicación de los mismos en cuestiones relacionadas con la NdC, como ya se plantea en trabajos recientes (Vicente et al., 2022).

Las demandas de un sistema que premia la eficiencia, la productividad y la hiperespecialización no favorecen espacios para la reflexión, el pensamiento crítico y el conocimiento holístico. Como afirmaba John A. Wheeler “vivimos en una isla rodeada por un mar de ignorancia”. De este modo, se vuelve muy necesario la introducción de elementos epistemológicos, históricos y sociológicos en el currículo de ciencias, y formar a futuros profesionales con una visión crítica que cuestionen el modo en el que se hacen las cosas.

Agradecimientos

Una versión previa de este artículo consiguió el primer premio de la Convocatoria APICE 2023 de investigadores noveles. Desde aquí agradecemos a APICE su iniciativa en pro del fomento de vocaciones investigadoras.

Referencias

- 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.
- 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. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02

- Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A. y Aragón-Méndez, 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. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(1), 50–51. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.1.3360>
- Acevedo-Díaz, J.A., Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M.A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202–225.
- Acevedo-Díaz, J.A., Vázquez-Alonso, A., Martín, M., Oliva, J.M., Acevedo, P., Paixão, M.F. y Manassero-Mas, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121–140. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.01
- Adúriz-Bravo, A. (2005). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extra, 23–33.
- Allchin, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934–946. <https://doi.org/10.1002/sce.20026>
- Amador-Rodríguez, R., Ospina Quintero, N. y Adúriz-Bravo, A. (2019). Representaciones de naturaleza de la ciencia en libros de texto de química: indagando por los tópicos epistemológicos de Representación y Lenguajes. *Entre Ciencias e Ingeniería*, 12(24), 116–123.
- Amador-Rodríguez, R. y Adúriz-Bravo, A. (2021). ¿Qué naturaleza de la ciencia se presenta en los libros de química para la educación secundaria en América Latina? *Enseñanza de Las Ciencias*, 39(3), 11–31. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3272>
- Bennassar Roig, A., García-Carmona, A., Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M.A. (2010). Educación científica y naturaleza de la ciencia. En Bennassar Roig, Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y García-Carmona (Coords.) *Ciencia, Tecnología y Sociedad En Iberoamérica: Una Evaluación de La Comprensión de La Naturaleza de Ciencia y Tecnología*. OEI.
- Bernete, F. (2013). Análisis de contenido (cuantitativo y cualitativo). En Marín y Noboa (Coords) *Conocer Lo Social: Estrategias y Técnicas de Construcción y Análisis de Datos*, 227–336.
- Calvo, P., Araceli, M. y Martín Sánchez, M.T. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial, en el campo de la química. *Enseñanza de las ciencias*, 23(1), 17–32. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3855>
- Chalmers, A.F. (2010). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI España Editores.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa Alís, J., 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>
- Gallego-Torres, A. P., Ballesteros-Ballesteros, V. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 14(26), e1855. <https://doi.org/10.22430/21457778.1855>

- 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., Acevedo-Díaz, J.A. y Aragón-Méndez, M. M. (2018). Comprensión de estudiantes de Secundaria sobre la dimensión sociológica de la naturaleza de la ciencia a partir de la historia de la ciencia. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 43–54. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4519>
- García Carmona, A. (2021). La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década. *Revista de educación*, 394, 241-270. <http://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>
- Garritz, A. (2009). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127–152.
- 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. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2668>
- Jiménez-Valladares, J.D. y Perales, F.J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las ciencias*, 19(1), 3-19. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4010>
- Lampert, D. y Porro, S. (2019). Análisis del abordaje de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en los libros de “Biología” y de “Salud y Adolescencia” a partir del tema de la alimentación. *Indagatio Didactica*, 11(2), 637–645.
- Lanzillotta, S. y Kandel, C. (2014). La naturaleza de la ciencia en los libros de texto: una mirada epistemológica, retórica y didáctica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1), 373–379.
- Lederman, N.G. (1992). Students’ and teachers’ conceptions 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>
- López-Navajas, A. (2014). Análisis de la ausencia de las mujeres en los manuales de la ESO: una genealogía de conocimiento ocultada. *Revista de Educación*, 363, 282–308. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2012-363-188>
- López Sánchez, F.J., García Prieto, F.J. y Travé González, G. (2018). La enseñanza sobre el medio y los libros de texto en andalucía: Un análisis de contenido y de concepciones del profesorado. *Revista Complutense de Educación*, 29(2), 539–557. <https://doi.org/10.5209/RCED.53450>
- Lorenzo, M.G. y Farré, A.S. (2013). Evolución de la naturaleza de la ciencia en los libros de texto de química orgánica de nivel superior. *IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, 1181–1187.
- Lorenzo, M.G., Ortolani, A.E. y Santiago Odetti, H. (2017). *Comunicando la ciencia: Avances en investigación en didáctica de la ciencia*. 55–68. Retrieved from https://www.fbc.unl.edu.ar/institucional/wp-content/uploads/sites/7/2017/08/ODETTI_digital.pdf

- Manassero-Mas, M.A. y Vázquez-Alonso, A. (2020). Un modelo conceptual y taxonómico para estructurar el campo ciencia-tecnología-sociedad (o naturaleza de la ciencia y tecnología, o como se llame). *Indagatio Didactica*, 11(2), 121–139. <https://doi.org/10.34624/id.v11i2.5914>
- Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht: Springer.
- Mayorga, N., Merino, C., López, V., Núñez, C., González-Weil, C. y Quiroz, W. (2012). La visión de la naturaleza de la ciencia en los textos de estudios de física en Chile. *I Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
- Occelli, M. y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 31(2), 133–152. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.761>
- Picado, M. y Rico, L. (2011). Análisis de contenido en textos históricos de matemáticas. PNA. *Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 6(1), 11–27.
- Piñuel Raigada, J.L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1–42.
- Solaz-Portolés, J.J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: Una revisión. *Educación XXI*, 13(1), 65–80. <https://doi.org/10.5944/educxx1.13.1.277>
- Solís, C. y Sellés, M. (2013). *Historia de la ciencia*. Espasa.
- Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Díaz, J.A. y Manassero-Mas, M.A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34(1), 1–37.
- Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Díaz, J. A., Manassero-Mas, M.A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135–176.
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M.A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión aplicada a los currículos de ciencias españoles. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 9(1), 32–53.
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero, M.A. (2016). Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educación*, 53(1), 149–170. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.839>
- Vicente, J.J., Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J.M. (2022). La Naturaleza de la Ciencia como objeto de aprendizaje en la formación inicial del profesorado deficiencias de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(36.1), 123-142. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92424>

Anexo 1. Editoriales analizadas

Editorial A, Edelvives

Editorial B, Vicens Vives

Editorial C, Anaya

Editorial D, Casals

Editorial E, McGraw Hill