

# **CONCEPTUALIZACIÓN DE NATURALEZA DE LA CIENCIA: EL DESARROLLO DE DOS ENFOQUES**

Luis Alfonso Ayala Villamil

## **CONCEPTUALIZACIÓN DE NATURALEZA DE LA CIENCIA: EL DESARROLLO DE DOS ENFOQUES**

### **CONCEPTUALIZATION OF NATURE OF SCIENCE: THE DEVELOPMENT OF TWO APPROACHES**

Luis Alfonso Ayala-Villamil

laayalav@correo.udistrital.edu.co

Doctorado Interinstitucional en Educación

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

#### **RESUMEN**

La alfabetización científica ha sido un objetivo en las últimas reformas educativas de diferentes países, y la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (NOS – Nature of Science, en inglés) se considera estructural para dicho objetivo. Así, la conceptualización NOS es de especial valor, porque permite establecer reflexiones sobre qué NOS enseñar y para qué enseñar NOS. El presente documento describe las principales conceptualizaciones NOS que se encuentran en la literatura mundial. El intenso debate en la conceptualización NOS, es evidencia de la profusa actividad académica al respecto. Se distinguen claramente dos enfoques: de dominio general y dominio específico. El segundo surge como alternativa ante las críticas al primero. En el enfoque de dominio general, encontramos las propuestas de Lederman et al. (2002), Marín et al. (2013), McComas (2008), Niaz (2009),

Osborne et al. (2003). Entre las propuestas del enfoque de dominio específico están: Adúriz-Bravo (2005), Wong y Hodson (2009), Allchin (2011), Matthews (2012), Irzik y Nola (2011), Erduran y Dagher (2014a) y Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2017a, 2017b). Las características de las anteriores conceptualizaciones son presentadas. Así, la conceptualización NOS es tan diversa, multifacética y compleja como la ciencia misma. Sin embargo, las reflexiones de estas conceptualizaciones son importantes en la formación docente, porque contribuyen en la elección de qué aspectos NOS enseñar y para qué enseñar NOS en las clases de ciencias. Además, estas conceptualizaciones son base para la amplia investigación NOS que se espera en las próximas décadas, porque representan un marco teórico y metodológico con alcances y limitaciones,

a ser evaluados en el aula para la búsqueda de tan anhelada alfabetización científica.

**Palabras clave:** Naturaleza de la Ciencia, conceptualización, didáctica de las ciencias

## **ABSTRACT**

Scientific literacy has been an objective in recent educational reforms in different countries, and the understanding of the Nature of Science (NOS) is considered structural to this objective. Thus, conceptualization about NOS is of special value, because it allows to establish reflections about what NOS to teach and why to teach NOS. This document describes the main NOS conceptualizations found in world literature. The intense debate in the conceptualization of NOS is evidence of the profuse academic activity in this regard. Two approaches are clearly distinguished: the general domain and specific domain. The second arises as an alternative to the criticisms of the first. In the general domain approach, we find the proposals of Lederman et al. (2002); Marin et al. (2013), McComas (2008), Niaz (2009), Osborne et al. (2003). Among the proposals of the domain-specific approach are Adúriz-Bravo (2005), Wong and Hodson (2009), Allchin (2011), Matthews (2012), Irzik and Nola (2011), Erduran and Dagher (2014a) and Vázquez-Alonso and Manassero-Mas (2017a, 2017b). The

characteristics of the above conceptualizations are presented. Thus, NOS conceptualization is as diverse, multifaceted and complex as science itself. However, the reflections of these conceptualizations are important in teacher training because they contribute to answering questions: What aspects NOS should we teach, and why teach NOS in science classes? In addition, these conceptualizations are the basis for the broad NOS research expected in the coming decades, because they represent a theoretical and methodological framework with scope and limitations, to be evaluated in the classroom in the search for so much desired scientific literacy.

**Keywords:** Nature of Science, conceptualization, Science Education

## **INTRODUCCIÓN**

Un objetivo en las reformas curriculares de diferentes países en los últimos años ha sido la alfabetización científica (Cofré et al., 2014; Deboer, 2000; McComas y Olson, 1998; Merino y García-Martínez, 2019; Ministry of Education [MOE], 2007; National Research Council [NRC], 1996; Córdoba et al., 2018; Sarkar y Gomes, 2010; Wang y Zhao, 2016) y la comprensión de NOS es considerada un factor estructural en la búsqueda de este objetivo (Akerson et al., 2010; Ayala-Villamil, 2019a; Izquierdo, et al., 2016; Ozgelen et al., 2013; Sarkar y Gomes,

2010). Por lo anterior, desarrollar concepciones contemporáneas de NOS es uno de los objetivos en la educación científica escolar (Akerson et al., 2010; Ayala-Villamil, 2019b; Celik y Bayrakceken, 2012; Mesci y Schwartz, 2016; Sarkar y Gomes, 2010; Wang y Zhao, 2016).

La enseñanza de NOS a nivel escolar está justificada desde una perspectiva utilitarista, democrática, cultural y axiológica (Adúriz-Bravo y Ariza, 2013; Driver et al., 1996; McComas et al., 1998; Sarkar y Gomes, 2010; Vázquez-Alonso et al., 2013). En consecuencia, es necesario considerar el importante papel del profesorado en el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes (Lederman, 2007; Matthews, 1990; McComas et al., 1998; Mesci y Schwartz, 2016; Rennie et al., 2001; Ryan y Aikenhead, 1992), porque su ayuda, guía, reflexiones y enseñanza en general, es fundamental para la comprensión NOS de sus estudiantes.

Así, este artículo presenta diferentes conceptualizaciones NOS, las cuales han tenido un interesante debate en las últimas dos décadas y contextualiza los enfoques desde los cuales se ha concebido, investigado y enseñando NOS en los últimos años a docentes de ciencias en educación inicial, primaria, secundaria, y a futuros profesores de ciencias. Estas conceptualizaciones se agrupan en dos grandes enfoques: 1) de dominio general y

2) de dominio específico (Abd-El-khalick, 2012). El primero se asocia con los “consensos” frente a categorías o aspectos NOS a enseñar a nivel escolar. El segundo trata de resolver diferentes críticas argumentadas contra el primero. En el enfoque de dominio general están los planteamientos de Lederman y sus colaboradores, así como otros autores que han identificado aspectos NOS comunes desde currículos internacionales y literatura sobre Filosofía de la Ciencia (FC), que hacen pensar en cierto consenso frente los aspectos que pueden caracterizar NOS.

En el enfoque de dominio específico, se revisan conceptualizaciones de Adúriz-Bravo (2005), Hodson (2009), Irzik y Nola (2011), Matthews (2012), Allchin (2011), Erduran y Dagher (2014a), y de Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2017a, 2017b).

Lo anterior evidencia que las conceptualizaciones de NOS son tan variadas y complejas como la ciencia misma; sin embargo, este despliegue conceptual contribuye en las preguntas que por años han y seguirán inquietando a los investigadores en NOS, ¿qué NOS enseñar?, ¿para qué enseñar NOS?, ¿cómo enseñar NOS?

## CONCEPTUALIZACIÓN NOS

La conceptualización de NOS o Naturaleza del Conocimiento Científico, como se le conocía hasta antes de 1980 (Lederman, Antink, et al., 2014), es compleja, multifacética y diversa como la ciencia misma. Por lo tanto, la conceptualización NOS dista de ser universal o consensuada, como lo evidencia los diferentes aportes presentes en la literatura mundial. Por ejemplo, McComas et al. (1998) definen NOS cómo:

“...un campo híbrido fértil, que combina aspectos de varios estudios sociales de la ciencia, incluida la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia, combinados con la investigación de las ciencias cognitivas, como la psicología, en una rica descripción de qué es la ciencia, cómo funciona, cómo los científicos operan como un grupo social y cómo la sociedad misma dirige y reacciona a los esfuerzos científicos.” (p. 4).

En esta vía, diferentes metaciencias aportan en mayor o menor grado al constructo NOS. McComas y Olson (1998), en su revisión de estándares internacionales sobre educación en ciencias, indican que NOS no es sinónimo de FC, por el contrario, la Historia de la Ciencia (HC), Sociología de la Ciencia (SC) y Psicología de la Ciencia (PS) también realizan aportes en la

comprensión de cómo funciona la ciencia. En la Figura 1, las áreas de las circunferencias representan el aporte de cada metaciencia.

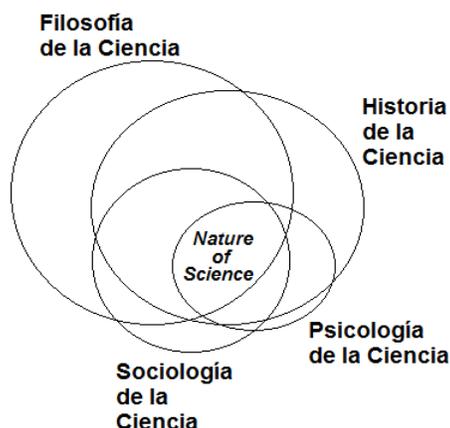


Figura 1. Representación del aporte de cuatro metaciencias en la comprensión de NOS (McComas y Olson, 1998, p. 50).

### Enfoque de dominio general

Son claramente identificables dos enfoques, llamados por Abd-El-khalick (2012), enfoque de dominio general y enfoques de dominio específico. En el presente documento, bajo la denominación de enfoque de dominio general, están las visiones de “consenso” o aspectos generales de NOS, pensados para la alfabetización científica de los ciudadanos y a desarrollar en niveles de formación previos a la universidad. Entre los investigadores que han concebido NOS desde este enfoque, están Lederman et al. (2002), McComas (1998), Niaz (2009) y Osborne et al. (2003).

Lederman y sus colaboradores han planteado un marco teórico para investigar y enseñar NOS. Ellos argumentan que los constructos NOS e Investigación Científica (SI-Scientific Inquiry en inglés) son claramente diferentes, pero confluyen en las investigaciones porque están estrechamente relacionados (Bartos y Lederman, 2014; Lederman et al., 2012; Lederman, Bartos, et al., 2014).

Así, para estos autores, NOS “refiere a las características del conocimiento científico que se derivan intrínsecamente de la forma en que se produce, es decir, la Investigación Científica” (Lederman, Antink, et al., 2014, p. 286). Específicamente, presentan una lista de aspectos, llamados *tenets*, que no pretenden caracterizar exhaustivamente NOS, pero si contribuyen en las reflexiones NOS en el contexto de la educación científica de kindergarden a Grado 12 (K-12, en el contexto estadounidense) (Lederman, 2007). Los *tenets* son:

- a) Tentativa de conocimiento científico: Tanto las leyes como las teorías científicas están sujetas a cambios.
- b) Observaciones e inferencias: La ciencia se basa tanto en observaciones como en inferencias. Los científicos presentan sus observaciones como declaraciones que describen los fenómenos naturales del mundo. Se

generan a través de los sentidos, o con extensiones de los sentidos.

Por el contrario, las inferencias son afirmaciones obtenidas a partir de manifestaciones o efectos. Las inferencias permiten el desarrollo de modelos y explicaciones sobre las observaciones.

- c) Teorías científicas y leyes: Las leyes científicas son declaraciones sobre relaciones observadas en el mundo natural. A diferencia de las teorías científicas, que son inferencias que explican las observaciones. Las teorías y leyes científicas son diferentes tipos de conocimiento. Las teorías científicas y las leyes no presentan relación jerárquica, es decir, las teorías no se crean para que se transformen en leyes.
- d) Creatividad e imaginación: el desarrollo del conocimiento necesita de la creatividad e imaginación humana para diseñar metodologías de investigación, analizar datos, plantear ideas y crear explicaciones.
- e) La subjetividad en la ciencia (carga teoría): El conocimiento científico es subjetivo porque los científicos tienen compromisos teóricos, creencias, conocimientos previos, formación, experiencias y expectativas. Esto genera diferentes perspectivas que

intervienen en los problemas que los científicos investigan, las metodologías empleadas, las interpretaciones de los datos y las conclusiones obtenidas.

- f) La integración social y cultural en la ciencia: La ciencia como acción humana se desarrolla en contextos culturales y sociales. Los científicos son productos de estos contextos. La ciencia sigue, influye y se ve afectada por elementos de la cultura y la sociedad. Algunos de estos elementos son el tejido social, las estructuras de poder, la política, los factores socioeconómicos, la filosofía y la religión.
- g) La naturaleza empírica del conocimiento científico: La ciencia, no se basa solamente en observaciones del mundo natural (Lederman, Bartos, et al., 2014).

Además, respecto a los *tenets*, Schwartz et al. (2004) argumentan la existencia de interdependencia entre estos.

Por otro lado, SI “se refiere a las características de los procesos a través de los cuales se desarrollan los conocimientos científicos, incluidas las convenciones que intervienen en el desarrollo, la aceptación y la utilidad de los conocimientos científicos” (Bartos y Lederman, 2014, p. 4). SI considera aspectos como:

- a) Las investigaciones científicas siempre comienzan con una pregunta.
- b) No hay un único conjunto o secuencia de pasos en una investigación científica.
- c) Los procedimientos seguidos en una investigación se guían invariablemente por la(s) pregunta(s) formulada(s).
- d) Los científicos que siguen los mismos procedimientos no llegan necesariamente a los mismos resultados.
- e) Los procedimientos emprendidos en una investigación influyen en los resultados subsiguientes.
- f) Las conclusiones extraídas deben ser coherentes con los datos recogidos.
- g) Los datos no son lo mismo que las pruebas.
- h) Las explicaciones científicas se desarrollan mediante una combinación de evidencias y lo que ya se conoce (Bartos y Lederman, 2014).

El enfoque de dominio general ha sido la conceptualización más empleada en las investigaciones empíricas de NOS (González-García et al., 2019), y en la tabla 1 se presentan las propuestas de

McComas (2008), Niaz (2009) y Osborne et al. (2003). El listado de William McComas surge de la alta correlación entre análisis de contenido de un grupo de libros sobre NOS, la FC (McComas, 2005) y la convergencia de las ideas clave apropiadas para incluirlas en el plan de

estudios K-12, planteadas por Lederman (1998), McComas (1998b); McComas et al. (1998) y Osborne et al. (2003).

Tabla 1. Algunas versiones de conceptualización NOS desde el enfoque de dominio general

McComas (2008)	Niaz (2009)	Osborne et al. (2003)	Lederman et al. (2002)
La ciencia produce, exige y se basa en evidencia empírica	El conocimiento científico depende en gran medida, pero no del todo, de la observación, la evidencia experimental, los argumentos racionales y el escepticismo	Ciencia y sus preguntas	Naturaleza empírica
La producción de conocimiento en ciencia comparte muchos factores comunes y procesos mentales, normas, pensamiento lógico y métodos tales como observación cuidadosa y registro de datos, veracidad en los informes, etc	No hay una única forma de hacer ciencia y, por lo tanto, no se puede seguir un método científico universal, paso a paso, similar a una receta	Análisis e interpretación de datos	Observación e inferencias
La ciencia y sus métodos no pueden responder todas las preguntas	Los científicos requieren un registro preciso, revisión por pares y replicabilidad	Método científico y pruebas críticas	
El conocimiento científico es tentativo, duradero y auto corregible	La ciencia es tentativa / falible El desarrollo de teorías científicas a veces se basa en fundamentos inconsistentes	Ciencia y certeza	Tentatividad
Las leyes y las teorías están relacionadas pero son tipos distintos de conocimiento científico. Las hipótesis son tipos especiales, pero generales de conocimiento científico	Las leyes y las teorías cumplen diferentes roles en la ciencia y, por lo tanto, las teorías no se convierten en leyes incluso con evidencia adicional	Hipótesis y predicción	Leyes vs teorías

La ciencia tiene un componente creativo	Los científicos son creativos y a menudo recurren a la imaginación y la especulación	Creatividad	Creatividad e imaginación
La ciencia tiene un elemento subjetivo (cargado de teoría)	Las observaciones están cargadas de teoría		Naturaleza subjetiva (cargada de teoría)
	Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma	Diversidad del pensamiento científico	
Hay influencias históricas, culturales y sociales en la práctica y dirección de la ciencia	Las ideas científicas se ven afectadas por su entorno social e histórico	Desarrollo histórico del conocimiento científico	El conocimiento científico esta embebido en la cultura y la sociedad
	El progreso científico se caracteriza por la competencia entre teorías rivales	Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico	
La ciencia y la tecnología se impactan entre sí, pero no son lo mismo		Ciencia y Tecnología	

Fuente: Elaboración propia.

Marín et al. (2013) analizan los “consensos” NOS de Fernández et al. (2002); Lederman et al. (2002), McComas y Olson (1998), Osborne et al. (2003) y Vázquez-Alonso et al. (2004), y establecen “consensos” entre estos diferentes grupos de investigación mediante procesos inductivos y deductivos, que se

interrelacionan a través de una red de categorías denominada sistemática de contextos. Los contextos y sus categorías inductivas (“consensos”) son:

1) Contexto sociológico: a) la ciencia surge del contexto histórico y social del momento, b) la ciencia tiene fuertes implicaciones sociales y culturales, y c)

existen fuertes interacciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

2) Contexto “fase privada”: a) la importancia de la creatividad en el descubrimiento, y b) el científico está afectado.

3) Contexto “fase de interacción privada-pública”: a) los aportes individuales son regulados socialmente por la comunidad de expertos.

4) Contexto “fase de justificación”: a) los datos empíricos no son neutrales, b) la ciencia es a la vez duradera y provisional, c) el progreso es unas veces evolutivo y otras revolucionarias, d) no existe un único método científico para hacer ciencia, e) la ciencia combina inducción y deducción, y f) el papel de las hipótesis es importante en el contraste empírico (Marín et al., 2013).

### **Enfoque de dominio específico**

Las críticas al enfoque dominio general argumentan que: 1) la ciencia no puede caracterizarse adecuadamente desde declaraciones simples, 2) las características NOS del enfoque dominio general no son exclusivas de la ciencia, son aspectos del conocimiento humano, y 3) no reconoce las diferencias distintivas del desarrollo de conocimiento de diferentes disciplinas científicas (biología, química, física, etc.) (Hodson y Wong, 2017; Kampourakis, 2016). Por lo

anterior, el dominio de enfoque general produce una visión NOS restrictiva, estática y atemporal. Además, no hay evidencia que los listados ayuden a tomar decisiones personales y sociales. Por el contrario, pueden generar una enseñanza declarativa de NOS, cuando debe ser funcional (Allchin, 2011). Como alternativa surge el enfoque de dominio específico, que intenta superar las críticas realizadas al enfoque de dominio general. Algunas conceptualizaciones NOS que hacen parte del enfoque de dominio específico son: “Cuestiones Metateóricas clásicas para NOS” de Adúriz-Bravo (2005), “Práctica científica” de Wong y Hodson (2009), “Ciencia Integral (WS-Whole Science en inglés)” de Allchin (2011), “Características de la Ciencia (FOS- Features of Science en inglés)” Matthews (2012), “enfoque de aproximación familiar (FRA-Family Resemblance Approach en inglés)” de Irzik y Nola (2011), “Reconceptualización del Enfoque Familiar (RFR-Reconceptualised Family Resemblance en inglés)” de Erduran y Dagher (2014a), y conceptualización de Naturaleza de la Ciencia y Tecnología (NOST&T-Nature of Science & Technology en inglés) llamada “modelos 4 mundos y taxonomía VOSTS [instrumento Views on Science-Technology-Society (VOSTS)]” de Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2017a, 2017b). A continuación se presentan las características de estas conceptualizaciones NOS.

## Cuestiones metateóricas clásicas para NOS de Adúriz-Bravo

Agustín Adúriz-Bravo comparte con McComas (1998a) la idea que NOS es un conjunto de contenidos metacientíficos, escogidos por su importancia en la educación científica, de los cuales, se debe hacer la adecuada transposición didáctica (Adúriz-Bravo, 2006). Además, de manera operacional concibe que esos contenidos provienen de la epistemología del siglo XX, ambientados en la HC y advertidos por la SC (Adúriz-Bravo, 2005).

Este autor propone abordar NOS desde cuestiones metateóricas clásicas (tabla 2), que tienen potencial didáctico, al

promover reflexiones genéricas de las disciplinas abordadas en diferentes niveles educativos (Amador y Adúriz-Bravo, 2017).

Estas cuestiones metateóricas se esbozan desde: 1) seis campos teóricos estructurantes, que son ideas fundamentales y en conjunto otorgan identidad a una disciplina académica, y 2) tres periodos epistemológicos, que inician a comienzo del siglo XX, momento en que las reflexiones sobre la ciencia se plantean como disciplina académica independiente, con un grupo de investigadores y desde un propio perfil epistemológico (Adúriz-Bravo, 2001).

Tabla 2. Cuestiones metateóricas clásicas para la NOS. (Tomado de Amador y Adúriz-Bravo, 2017).

Campo	Cuestiones metateóricas clásicas	Periodización epistemológica
Correspondencia y racionalidad	¿Qué relación existe entre la realidad y lo que los científicos y científicas dicen sobre ella?	1. Positivismo lógico y concepción heredada 2. Racionalismo crítico y nueva filosofía de la ciencia 3. Postmodernismo y visiones
Evolución y juicio	¿Cómo cambian las teorías a lo largo de la historia de la ciencia?	
Estructura y demarcación	¿Qué distingue la ciencia de otros tipos de conocimiento y de actividad?	
Contextos y valores	¿Qué relaciones pueden establecerse entre la ciencia y otras manifestaciones culturales?	
Intervención y metodologías	¿Cómo se hace para dar validez al conocimiento científico?	
Representación y lenguajes	¿Sirve la lógica formal como herramienta para modelizar el pensamiento científico?	

### **Práctica científica de Hodson y Wong**

Derek Hodson y Siu Wong, en su conceptualización NOS plantean enriquecer, ampliar, reforzar, cualificar y modificar los puntos de vista “consensuados” desde las perspectivas de los científicos, y con ejemplos de la práctica contemporánea de la ciencia, porque algunas características de NOS relevantes en la práctica científica no se representan de forma adecuada en la ciencia escolar (Hodson y Wong, 2014; Wong y Hodson, 2009). Con esto, sus puntos de vista más que buscar consensos, pretenden reflejar aspectos relevantes obtenidos desde la literatura sobre Historia y Filosofía de las ciencias (HPS – History and Philosophy of Science, en inglés) y la idoneidad de diferentes ideas NOS para diseñar y aplicar en planes de estudio, así como en la elaboración de material didáctico que evidencie la práctica científica contemporánea, con el fin de propiciar una alfabetización científica cívica, que permita a los estudiantes abordar cuestiones socio científicas de manera informada, segura y crítica desde la comprensión de conocimiento, actitudes, aptitudes y valores. Para los autores, es extraño que Lederman y su grupo consideren NOS y SI como dos constructos diferentes, ya que la mayoría del conocimiento científico, y por lo tanto su validez y fiabilidad, están íntimamente relacionados con el diseño, la realización y

la presentación de las investigaciones científicas (Hodson y Wong, 2014).

Así, Hodson y Wong (2014) conciben NOS desde las características de la investigación científica y el papel del conocimiento científico generado, la modelización en la creación de teorías científicas, influencia social y cultural en el desarrollo de la ciencia, el trabajo de los científicos como grupo social, las convenciones lingüísticas para comunicar, examinar y validar el conocimiento, y las formas como la ciencia impacta y es impactada por el contexto social donde se desarrolla.

### **Ciencia Integral de Allchin**

Douglas Allchin propone replantear NOS desde la confiabilidad en la práctica científica. Esta conceptualización, denominada “Ciencia integral (WS - Whole Science, en inglés)”, concibe un conjunto de dimensiones (tabla 3) sobre como la comunidad científica logra y preserva la fiabilidad a medida que desarrolla el conocimiento. Las dimensiones con sus categorías pueden ser abrumadoras, por lo cual, se debe ser selectivo. Basta con escoger algunos casos históricos o contemporáneos que presenten la ciencia en su contexto social, cultural y de investigación. Desde WS, lo importante es verificar que los estudiantes reflexionen un amplio espectro de dimensiones NOS, utilizando el inventario

de dimensiones de la confiabilidad en ciencia y sus categorías (Allchin, 2017).

Así, lo importante desde esta perspectiva es la alfabetización científica funcional, que permita a los estudiantes la comprensión de cómo funciona la ciencia, para interpretar la fiabilidad de las afirmaciones científicas y decidir frente a

situaciones personales y públicas. Esto refleja la relevancia otorgada en la conceptualización NOS en torno a “por qué NOS” sobre “qué NOS”.

Tabla 3. Inventario parcial de las dimensiones de la fiabilidad en la ciencia.

<b>Dimensión epistémica</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Categorías</b>
Observacional	Observación y mediciones	Exactitud, precisión; función del estudio sistemático (frente a la anécdota); exhaustividad de las pruebas; solidez (acuerdo entre los diferentes tipos de datos).
	Experimentos	Experimento controlado (una variable); estudios ciegos y doble ciego; análisis estático del error; replicación y mismo tamaño.
	Instrumentos	Nuevos instrumentos y su validación; modelos y organismos modelo; ética de la experimentación con sujetos humanos.
Conceptual	Patrones de razonamiento	Relevancia probatoria (empirismo); información verificable frente a valores; papel de la probabilidad en la inferencia; explicaciones alternativas; correlación frente a causalidad.
	Dimensiones históricas	Consistencia con la evidencia establecida; papel de la analogía, pensamiento interdisciplinario; cambio conceptual; error e incertidumbre; papel de la imaginación y de las síntesis creativas.
	Dimensiones humanas	Espectro de motivaciones para hacer ciencia; espectro de personalidades humanas; confirmación del sesgo/papel de las creencias previas; percepciones de riesgo emocionales frente a las basadas en la evidencia.
Sociocultural	Instituciones	Colaboración y competencia entre los científicos, formas de persuasión; credibilidad; revisión por pares y respuesta a las críticas; resolución de desacuerdos; libertad académica.
	Sesgos	Papel de las creencias culturales (ideología, religión, nacionalidad, etc.), papel de los prejuicios de género; papel de los prejuicios raciales o de clase.
	Economía/ financiación	Fuentes de financiación; conflicto de intereses personales.

Normas para el manejo de datos científicos; naturaleza de los gráficos; credibilidad de las diversas revistas científicas y medios de comunicación; fraude u otras formas de mala conducta; responsabilidad social del científico.

Adaptado de Allchin (2017)

### **Características de la Ciencia de Matthews**

Michael Matthews propone que las investigaciones NOS recientes, presentan los siguientes errores filosóficos y educativos: a) Una confusa mezcla de características epistemológicas, sociológicas, psicológicas, éticas, comerciales y filosóficas en una sola lista de NOS, b) privilegiar una parte de argumentos polémicos y muy debatidos, como lo relativo a la metodología de la ciencia, c) presuponer una solución particular ante la controversia sobre la demarcación, y d) suponer que el aprendizaje sobre puede juzgarse y evaluarse por la capacidad de los estudiantes para identificar cierto número de declaraciones sobre NOS. Como alternativa, propone un marco teórico para conceptualizar e investigar NOS, a partir de un cambio en la terminología y enfoque de investigación, desde una NOS esencialista y epistemológicamente centrada, hacia la conceptualización de “características de la ciencia” (FOS-Features of Science, en inglés) más relajada, contextual y heterogénea (Matthews, 2012).

Para Michael Matthews, es mejor pensar en los siete aspectos de Norman Lederman y sus colaboradores como FOS para ser planteados, consultados, debatidos y analizados, y no como elementos de NOS para aprender y evaluar en clase. Además, también deberían considerarse la experimentación, idealización, modelos, valores y cuestiones socio científicas, matematización, tecnología, explicación, perspectivas de mundo y religión, elección de teorías y racionalidad, feminismo, realismo y constructivismo, porque también son características epistemológicas, históricas, psicológicas, sociales, tecnológicas y económicas, que hacen parte del esfuerzo científico, e igualmente cumplen con los criterios de accesibilidad, consenso y utilidad, que Lederman y sus colaboradores consideran pertinentes para escoger asuntos NOS en la enseñanza K-12.

### **Enfoque de parecido familiar de Irzik y Nola**

Gürol Irzik y Robert Nola proponen asumir la ciencia desde “enfoque de aproximación familiar” (FRA-Family Resemblance Approach, en inglés)” con la

intensión de pensar NOS de forma más sistemática y unificadora. Desde esta perspectiva, NOS se asume con dos sistemas: ciencia como sistema cognitivo-epistémico y ciencia como sistema socio-institucional. Cada sistema está estructurado por cuatro categorías.

El sistema cognitivo-epistémico considera las categorías:

- a) Procesos de indagación.
- b) Objetivos y valores.
- c) Métodos y reglas metodológicas.
- d) Conocimiento científico.

La ciencia como sistema socio-institucional considera las categorías:

- a) Actividades profesionales.
- b) Ética científica.
- c) La certificación social y la difusión del conocimiento científico.
- d) Los valores sociales de la ciencia (Irzik y Nola, 2014).

Así, el primer sistema incluye plantear problemas, hacer observaciones, obtener y clasificar datos, formular hipótesis, construir y comparar modelos. Considera objetivos de la ciencia tales como predicción, explicación, consistencia, simplicidad, fecundidad, viabilidad, alta comprobación, cercanía con la verdad y adecuación empírica. Esto se busca a través de métodos y reglas metodológicas. Cuando se logran los objetivos, se obtienen “productos” como leyes, teorías,

modelos, colecciones de informes de observación y datos experimentales.

El segundo sistema considera actividades profesionales de los científicos, como buscar financiación, realizar investigaciones, escribir informes, artículos (que son validados por colegas en procesos de revisión a ciegas), libros, y organizar y participar en congresos. Se espera que sigan unas normas y actitudes sociales enmarcadas en la ética científica, la honestidad intelectual, el respeto por el medio ambiente, los sujetos de investigación, y de su compromiso con la ciencia, se espera que emerjan beneficios para la sociedad y el ambiente (Irzik y Nola, 2014). Por lo anterior, el objetivo de FRA es comunicar y declarar la importancia de los sistemas cognitivo-epistémico y socio-institucional en la ciencia escolar y por lo tanto en la enseñanza NOS.

### **Reconceptualización del Enfoque de parecido familiar de Erduran y Dagher**

En la reconceptualización de la idea FRA (RFR - Reconceptualised Family Resemblance, en inglés) para la enseñanza de las ciencias, Sibel Erduran y Zoubeida Dagher agregan tres categorías sobre cómo se hace ciencia y aspectos sobre el trabajo científico, que son relevantes para el currículo de ciencias, estas categorías son: a) las organizaciones e interacciones sociales, b) las estructuras de poder político y c) los sistemas financieros

(Erduran y Dagher, 2014b). Así, RFR es un enfoque sofisticado y exhaustivo para concebir las reflexiones NOS en la educación científica (Dagher y Erduran, 2017), y se considera que estas autoras han planteado interesantes debates de la teorización FRA para el contenido del plan de estudios, la pedagogía y los resultados de aprendizaje (Hodson y Wong, 2017).

Las 11 categorías de la RFR se relacionan de manera dinámica, interactiva y no pretenden ser exclusivas y distintas; pero sí, plantear un relato colectivo y holístico para llegar a una comprensión NOS deseada en la educación científica.

### **Modelo 3 mundos y taxonomía VOSTS (3-Mundo/VOSTS)**

Ángel Vázquez y María Manassero desarrollan esta conceptualización inspirados en el modelo de los tres mundos ontológicos para describir la ciencia de Karl Popper y refinado con los aportes de Derek Hodson, como alternativa al enfoque de “consensos” y a RFR. El mundo 1 (M1) representa el mundo físico de los objetos, el mundo 2 (M2) son los pensamientos y el mundo 3 (M3) es el conocimiento creado, representado en teorías científicas obras de arte, libros, y resultante entre la interacción entre M1 y M2. Además, el M3 puede sugerir reorientaciones de las prácticas científicas generadas en el M2, y de la interacción entre M1 y M2 surgen las comunidades de

práctica. Los datos obtenidos del M1 pueden influir en nuevas prácticas del M2. Por lo anterior, los tres mundos están fuertemente relacionados, y del metaanálisis del conocimiento científico y tecnológico (M3), la práctica científica (M2), la influencia en (M1) y las interacciones entre M2 y M3 dentro de la práctica de diferentes comunidades y disciplinas, se genera un cuarto mundo (M4), que es un metaconocimiento sobre Ciencia y Tecnología, conocido como Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2017a).

La complejidad del M4 es resumida a partir de un marco taxonómico derivado de la propuesta de Aikenhead y Ryan (1992) y estructurada en cuatro aspectos básicos:

- 1) Definiciones, conformado por el tema ciencia y tecnología (CyT).
- 2) Sociología externa de la CyT, que contempla los temas: influencias de la sociedad en la CyT, influencias triádicas, influencias de la CyT en la sociedad, e influencias de la ciencia escolar en la sociedad.
- 3) Sociología interna de la CyT, conformado por los temas: características de los científicos, construcción social del conocimiento científico y construcción social de la tecnología.

4) Epistemología, conformado por el tema naturaleza del conocimiento científico.

## CONCLUSIONES

Las conceptualizaciones NOS son amplias, variadas y multifacéticas como la ciencia misma. En este documento, se abordan desde dos enfoques ampliamente debatidos en la literatura NOS: el enfoque de dominio general y el enfoque de dominio específico. El segundo surge como alternativa ante las diferentes críticas argumentadas contra el primero.

Desde el enfoque de dominio específico, sobresalen las cuestiones metateóricas clásicas de Adúriz-Bravo, que plantean campos estructurantes y una periodización de la epistemología, desde la cual enseñar NOS. En la propuesta de Hodson, se rescatan aspectos de la práctica científica en la enseñanza NOS. Allchin propone replantear NOS desde la confiabilidad de la práctica científica. Matthews considera necesario un cambio en la terminología y enfoque de investigación, transitando hacia las características de la ciencia. El enfoque de parecido familiar de Irzik y Nola conceptualiza NOS desde los sistemas cognitivo-epistémico y socio-institucional.

Erduran y Dagher reconceptualizan el enfoque de parecido familiar y agregan tres categorías; así, en conjunto su propuesta de 11 categorías es considerada

una sofisticada perspectiva NOS que aporta en la elaboración de planes de estudio, la formación de ciudadanos y resultados de aprendizaje.

El modelo 3 mundos/VOSTS es desarrollado por Ángel Vázquez y María Manassero, inspirados la propuesta de Popper para describir la ciencia y los aportes de Derek Hodson. Este modelo responde a las críticas realizadas a la visión de “consensos” y la reconceptualización del enfoque de parecido familiar.

Lo anterior evidencia gran productividad en la conceptualización NOS, así como un intenso debate en las últimas dos décadas. Argumentos en contra y a favor de estas conceptualizaciones NOS están en la literatura mundial. Indudablemente, las cuestiones ¿qué NOS enseñar? y ¿para qué enseñar NOS?, así como los aportes desde la filosofía de la ciencia, sociología de la ciencia, las prácticas científicas y su confiabilidad seguirán marcando la dirección de los debates. Frente a qué NOS enseñar, seguirá indagando sobre los aspectos NOS que sean de interés a reflexionar en diferentes niveles de formación, aunque al respecto, las diferentes propuestas han recorrido un importante camino. Sin embargo, la cuestión para qué enseñar NOS invita frecuentemente a la reflexión sobre qué NOS enseñar. Además, si el objetivo es promover una alfabetización científica que

permita tomar decisiones socio científicas informadas y responsables, entonces se debe evaluar si los aspectos NOS enseñados y la forma como se llevan a cabo estas reflexiones, ¿cómo enseñar NOS?, permiten acercarnos al cumplimiento de dicha meta.

Al respecto, queda mucho por hacer, múltiples conceptualizaciones deben ser llevadas al aula, enseñadas desde diferentes estrategias didácticas y evaluadas de varias maneras, con la finalidad de reconocer los alcances y limitaciones del marco teórico y metodológico, con el cual, docentes de aula en todo el mundo puedan continuar reflexionando, modificando y haciendo la debida transposición didáctica, para acercar a sus estudiantes a la tan anhelada alfabetización científica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-El-khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on Nature of Science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353–374. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado (tesis doctoral)*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Recuperado de <http://www.tdx.cesca.es/tdx-1209102-142933/>
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia, la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires, Argentina: Fondo de cultura económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2006). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, XVIII (45), 25–36.
- Adúriz-Bravo, A., & Ariza, Y. (2013). Las imágenes de ciencia y de científico, una puerta de entrada a la Naturaleza de la Ciencia. En Adúriz-Bravo, M. Dibarboure, & S. Ithurralde (Eds.), *El quehacer del científico en el aula, pistas para pensar* (pp. 13–20). Montevideo, Uruguay: Fondo Editorial QUEDUCA.
- Aikenhead, G., & Ryan, A. (1992). The development of a new instrument: “Views on Science- Technology-Society” (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477–491. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760503>
- Akerson, V., Cullen, T., & Hanson, D. (2010). Experienced teachers’ strategies for assessing Nature of Science conceptions in the elementary classroom. *Journal of Science Teacher Education*,

- 21, 723–745. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9208-x>
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518–542. <https://doi.org/DOI 10.1002/sce.20432>
- Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18–26. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>
- Amador, R., & Adúriz-Bravo, A. (2017). Concepciones emergentes de la naturaleza de la ciencia (NOS) para la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, (Número extraordinario), 3499–3504.
- Aragón-Méndez, M. del M., García-Carmona, A., & Acevedo-Díaz, J. A. (2016). Aprendizaje de estudiantes de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia mediante el caso histórico de semmelweis Y la fiebre puerperal. *Revista Científica*, 4(27), 302-317. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.27.a1>
- Ayala-Villamil, L-A. (2019a). El constructo Naturaleza de la Ciencia: un análisis bibliométrico. *Latin American Journal of Science Education*, 6(1), 12059
- Ayala-Villamil, L-A. (2019b). Unidad didáctica para la enseñanza explícita de un aspecto de la naturaleza de la ciencia. *Latin American Journal of Science Education*, 6(1), 12002
- Bartos, S., & Lederman, N. (2014). Teachers’ knowledge structures for Nature of Science and Scientific Inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1150–1184. <https://doi.org/10.1002/tea.21168>
- Celik, S., & Bayrakceken, S. (2012). The influence of an activity-based explicit approach on the turkish prospective science teachers’ conceptions of the Nature of Science. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(4), 75–95.
- Cofré, H., Vergara, C., Lederman, N., Lederman, J., Santibáñez, D., Jiménez, J., & Yancovic, M. (2014). Improving chilean in-service elementary teachers’ understanding of Nature of Science using self-contained NOS and content-embedded mini-courses. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 759–783. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9399-7>
- Córdoba, F., Castelblanco, J., & García-Martínez, Á. (2018). Desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas en ciencias bajo la modalidad de educación

- virtual a distancia. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 163–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2189>
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2017). Abandoning Patchwork Approaches to Nature of Science in Science Education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 46–52. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271923>
- Deboer, G. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014a). Reconceptualizing education science for science the Nature of Scientific knowledge, practices and other family categories. *Indian Journal of Cancer* (Vol. 43). New York: Springer. <https://doi.org/10.4103/0019-509X.138304>
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014b). Reconceptualizing Nature of Science for science education. In *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education* (p. 189). Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4>
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 447–488.
- González-García, F., Blanco-López, Á., España-Ramos, E., & Franco-Mariscal, A.-J. (2019). The Nature of Science and Citizenship: a Delphi analysis. *Research in Science Education*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11165-018-9817-5>
- Hodson, D., & Wong, S. (2014). From the horse's mouth: Why scientists' views are crucial to nature of science understanding. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2639–2665. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.927936>
- Hodson, D., & Wong, S. (2017). Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the Scope of NOS-oriented curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3–17. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271919>

- Irzik, G., & 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>
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for Nature of Science research. In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999–1021). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8>
- Izquierdo Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M., & Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá, D.C: Editorial Universidad Distrital.
- Kampourakis, K. (2016). The “General Aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667–682. <https://doi.org/10.1002/tea.21305>
- Lederman, J., Lederman, N., Kim, B., & Ko, E. (2012). Teaching and learning of Nature of Science and Scientific Inquiry: Building capacity through systematic research-based professional development. In *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies* (pp. 125–152). London New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0>
- Lederman, N. (1998). The state of science education: Subject matter without context. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 3(2). Retrieved from <https://ejse.southwestern.edu/article/view/7602>
- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, present, and future. In S. Abell, & N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831–880). New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners’ conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lederman, N., Antink, A., & Bartos, S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science and Education*, 23(2),

- 285–302.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-012-9503-3>
- Lederman, N., Bartos, S., & Lederman, J. (2014). The development, use, and interpretation of Nature of Science assessments. In M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 971–997). New York, USA: Springer.  
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8>
- Marin, N., Benarroch, A., & Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre Naturaleza de la Ciencia. *Revista de Educación*, (361), 117–140.  
<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-361-137>
- Matthews, M. (1990). History, philosophy, and science teaching: The new engagement. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(1), 1–14.
- Matthews, M. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In M. S. Khin (Ed.), *Advances in Nature of Science Research, Concepts and Methodologies* (pp. 3–26). London New York: Springer Dordrecht Heidelberg.
- <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0>
- McComas, W. (1998a). *The Nature of Science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht, Kluwer.
- McComas, W. (1998b). The principal elements of the Nature of Science: Dispelling the myths. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 53–70). Netherlands: The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. (2005). Seeking NOS standards: what content consensus exists in popular books on the nature of science? *In Paper presented at the annual conference of the national association of research in science teaching*. Dallas, TX.
- McComas, W. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the Nature of Science. *Science and Education*, 17(23), 249–263.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y>
- McComas, W., Clough, M., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the Nature of Science in science education. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 3–39). New York,

- USA: The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W., & Olson, J. (1998). The Nature of Science in international science education. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 41–52). New York, USA: The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Merino, C., & García-Martínez, A. (2019). Incorporación de realidad aumentada en el desarrollo de la visualización. Un estudio con estudiantes de secundaria en torno al modelo atómico. *Pensamiento Educativo: Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 56(2), 1–23.  
<https://doi.org/10.7764/PEL.56.2.2019.6>
- Mesci, G., & Schwartz, R. (2016). Changing preservice science teachers’ views of Nature of Science: Why some conceptions may be more easily altered than others. *Research in Science Education*, 1–23.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-015-9503-9>
- Ministry of Education [MOE], M. (2007). *The Ontario Curriculum Grades 1-8: Science and Technology*. Retrieved 20 May 2019. Retrieved from <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/elementary/scientec18currb.pdf>
- National Research Council [NRC], N. (1996). *National science education standards*. Washington DC, USA: National Academic Press.
- Niaz, M. (2009). *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: Dynamics of scientific progress*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Niaz, M. (2016). History and Philosophy of Science as a Guide to Understanding Nature of Science. *Revista Científica*, 1(24), 7-16.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a1>
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & 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>
- Ozgelen, S., Yilmaz-Tuzun, O., & Hanuscin, D. (2013). Exploring the development of preservice science teachers’ views on the Nature of Science in Inquiry-based laboratory instruction. *Research in Science Education*, 43, 1551–1570.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-012-9321-2>
- Rennie, L., Goodrum, D., & Hackling, M. (2001). Science teaching and learning in

- Australian schools: Results of a national study. *Research in Science Education*, 31, 455–498. <https://doi.org/10.1023/A:1013171905815>
- Ryan, A., & Aikenhead, G. (1992). Students' preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education*, 76(6), 559–580. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760602>
- Sarkar, M., & Gomes, J. (2010). Science teachers' conceptions of Nature of Science : The case of Bangladesh. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1–17.
- Schwartz, R., Lederman, N., & Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Teacher Education*, 88(4), 610–645. <https://doi.org/10.1002/sce.10128>
- Vázquez-Alonso, Á., Acevedo-Díaz, J., & Manassero-Mas, M. (2004). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, 14, 1–36.
- Vázquez-Alonso, Á., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M., & Bennàssar-Roig, A. (2013). Science teachers' thinking about the Nature of Science: A new methodological approach to its assessment. *Research in Science Education*, 43, 781–808. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9291-4>
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. (2017a). An alternative conceptualization of the Nature of Science for science and technology education. *Conexão Ci*, 12(2), 18–24.
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. (2017b). Una conceptualización de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología para reducir la brecha entre investigación y enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, (N.º Extraordinario), 3851–3858.
- Wang, J., & Zhao, Y. (2016). Comparative research on the understandings of nature of science and scientific inquiry between science teachers from Shanghai and Chicago. *Journal of Baltic Science Education*, 15(1), 97–108.
- Wong, S., & Hodson, D. (2009). From the horse's mouth : What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, 93(1), 109–130. <https://doi.org/10.1002/sce.20290>

