

# CONCEPCIONES EMERGENTES DE NATURALEZA DE LA CIENCIA (NOS) PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Rafael Y. Amador-Rodríguez

*Universidad de Buenos Aires, FCEyN, Instituto CeFIEC. Buenos Aires, Argentina.*

[rafaelyecid@gmail.com](mailto:rafaelyecid@gmail.com)

Agustín Adúriz-Bravo

*Universidad de Buenos Aires, FCEyN, Instituto CeFIEC. Buenos Aires, Argentina.*

**RESUMEN:** En este trabajo se exponen cuatro concepciones de naturaleza de la ciencia (NOS) que presentan marcos renovados para la didáctica de las ciencias; su origen se remonta a la crítica que se le hace a la visión “consensuada” de NOS propuesta por Lederman y su grupo de trabajo.

**PALABRAS CLAVE:** Naturaleza de la ciencia, características de la ciencia, epistemología, didáctica de las ciencias.

**OBJETIVOS:** Presentar algunos de los presupuestos teóricos emergentes acerca de la naturaleza de la ciencia (conocida internacionalmente con el acrónimo inglés NOS); tales presupuestos permiten miradas renovadas y potentes para su inclusión en la didáctica de las ciencias.

## MARCO TEÓRICO

Actualmente se ha establecido que la línea NOS (naturaleza de la ciencia, por su sigla en inglés) hace parte del área HPS (“history and philosophy of science for science teaching”: aportaciones de la epistemología y la historia de la ciencia a la didáctica de las ciencias) (Adúriz-Bravo, 2001; Niaz, 2016). El académico estadounidense William McComas (1998) conceptualiza la NOS como un campo de conocimiento “híbrido” que mezcla aspectos de varias metaciencias (esto es, ciencias que llevan a cabo una “metadiscusión” sobre las ciencias); propone que las principales contribuciones provendrían de la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia. La postura que más reconocimiento ha tenido es la que ha generado Norman Lederman y su grupo de colaboradores, quienes han formulado un marco teórico y metodológico desde el cual asumir la NOS para su enseñanza e investigación. Tal propuesta se ha reconocido como un aporte sustantivo, pero actualmente se alzan voces críticas (Irzik y Nola, 2011): la visión consensuada retrata una imagen demasiado monolítica de la ciencia y desconoce las diferencias entre las disciplinas científicas, brindando una imagen de NOS fija y atemporal, siendo que cada ciencia (biología, física, química, etc.) ha tenido su propio tiempo de evolución que la diferencia de otras.

## METODOLOGÍA

La selección de los documentos leídos y analizados para este estudio se realizó según el criterio de que fueran trabajos muy citados según el buscador Google Académico; además, para la elección de los documentos era primordial que estos no compartieran presupuestos teóricos y metodológicos con la visión consensuada. Se aclara que el número de registros bibliográficos arrojados por el buscador pertenece al mes de diciembre de 2016. El buscador arrojó cuatro textos que cumplieran con los criterios formulados:

1. Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En: *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht, Springer. (134 citas)
2. Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542. (224 citas)
3. Irzik, G. & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. (169 citas)
4. Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. (144 citas)

## RESULTADOS: MARCOS EMERGENTES DE LA NOS

A continuación se desarrollan brevemente las posiciones teóricas de los cuatro documentos pertenecientes a Matthews, Allchin, Irzik y Nola, y Adúriz-Bravo.

La propuesta de Michael Matthews (2012) parte de un cambio de enfoque investigativo y terminológico desde la especificidad esencialista y epistemológica de la NOS a un ambiente más relajado, contextual y heterogéneo, que él denomina “features of science” (FOS), o “rasgos” de la ciencia (la traducción es nuestra). El cambio de terminología y enfoque es propuesto con el fin de apartarse de los “errores” epistemológicos y educativos en las investigaciones que se han señalado en la línea de NOS desde la perspectiva de Lederman. Tales desaciertos serían: a) la mezcla confusa de características epistemológicas, sociológicas, psicológicas, éticas, financieras y filosóficas en una única lista de NOS, b) privilegiar una de las posiciones existentes en una controversia polémica o debatida, como lo es la relativa a la metodología de la ciencia, c) presuponer una solución en particular para el problema de la demarcación, y d) presuponer que el aprendizaje de NOS puede ser juzgado y evaluado por la capacidad de los alumnos para identificar cierto número de enunciados declarativos sobre la NOS (haciéndose aquí referencia a los “tenets” de Lederman).

Argumenta Matthews que, por ejemplo, los principios o tenets se deberían pensar como rasgos (“features”) específicos de la ciencia que puedan ser elaborados, discutidos e indagados, en lugar de una lista “cerrada” de ítems de la NOS que de alguna manera deben ser aprendidos por los alumnos. Afirma que no solo se deben tener en cuenta los siete aspectos clásicos enunciados por Lederman, sino que hay muchos otros a tener en cuenta. Específicamente, propone introducir once: *experimentación; idealización; modelos; valores y cuestiones socio-científicas; matematización; tecnología; explicación; cosmovisiones y religión; elección teórica y racionalidad; feminismo; realismo y constructivismo*.

Matthews considera que generar un cambio de enfoque de NOS a FOS facilitaría enormemente la orientación a la enseñanza de las ciencias con el objetivo de contribuir a la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente. En lo que respecta a la investigación en NOS, desde el nuevo enfoque FOS se incluirían los procesos, las instituciones y los contextos culturales y sociales en los que se produce el conocimiento científico.

La segunda mirada es la de Allchin (2011), quien concuerda con que la lista de tenets de Lederman presenta problemas en cuanto a la visión de ciencia que se desea enseñar; también critica los instrumentos que se han construido para identificar las concepciones de NOS en estudiantes. Él genera una propuesta metodológica para evaluar el conocimiento de la NOS como alternativa a los instrumentos VNOS (ver Abd-El-Khalick, 2014). La idea de Allchin es la de recurrir a casos históricos o a noticias contemporáneas de la ciencia como fuentes para comprender la NOS. Con esta propuesta innovadora, Allchin pretende generar un cambio en la *evaluación* de la NOS, es decir, pretende pasar de un enfoque de afirmaciones declarativas (refiriéndose a los tenets de Lederman) a un análisis funcional o interpretativo.

La propuesta de Allchin implica que haya un cambio en cuáles características de la NOS se consideran esenciales; se deben reformular los tenets de Lederman para tener en cuenta múltiples dimensiones que hacen parte de la práctica científica, dimensiones que van desde lo experimental a lo social, es decir, que cubren la “totalidad” de la ciencia. Este enfoque subraya el papel de los casos en la enseñanza de la NOS con el propósito de generar una indagación reflexiva en los estudiantes. Allchin afirma que los estudiantes necesitan una comprensión global de las formas en que las afirmaciones del conocimiento de la ciencia se desarrollan y se justifican. Tanto una perspectiva epistémica sobre las prácticas científicas como el abordar cuestiones socio-científicas que ayudan significativamente a ampliar la concepciones de la NOS más allá de los temas que se trabajan normalmente en la educación científica convencional. Para ello Allchin genera una nueva lista de características, como semuestran a continuación (Tablas 1, 2 y 3).

Tabla 1.  
Características conceptuales para la NOS propuestas por Allchin.

Dimensión	Características	Categoría epistémica
Conceptual	- Lo importante de la evidencia (empírica). - Información verificable versus valores. - Papel de la probabilidad en la inferencia. - Explicaciones alternativas. - Correlación versus causalidad.	Patrones de razonamiento
	- Consiliencia con pruebas establecidas. - Papel de la analogía y del pensamiento interdisciplinario. - Cambio conceptual. - Error e incertidumbre. - El papel de la imaginación y la síntesis de creatividad.	Dimensión histórica
	- Espectro de motivaciones para hacer ciencia. - Espectro de personalidades humanas. - Tendencia a la confirmación/papel de las creencias previas. - Lo emocional frente a las percepciones basadas en las evidencias de riesgo.	Dimensión humana

Tabla 2.  
Características socio-culturales para la NOS propuestas por Allchin.

Dimensión	Características	Categoría epistémica
Socio-cultural	- Colaboración y competencia entre los científicos. - Formas de persuasión. - Credibilidad. - Revisión por pares y respuesta a la crítica. - Resolución de desacuerdos. - Libertad de cátedra.	Instituciones
	- Papel de las creencias culturales (ideología, religión, nacionalidad, etc.). - Papel de las tendencias de género. - Papel de las tendencias de clase o étnicas.	Tendencias
	- Fuentes de financiamiento. - Conflictos personales de interés.	Financiamiento/Economía
	- Normas para la manipulación de datos científicos. - Naturaleza de los gráficos. - Credibilidad de diversas revistas científicas y medios de comunicación. - Fraude u otras formas de mala praxis. - Responsabilidad social de los científicos	Comunicación

Tabla 3.  
Características de intervención para la NOS propuestas por Allchin.

Dimensión	Características	Categoría epistémica
Observacional	- Exactitud, precisión. - Papel de estudio sistemático (versus anécdota). - Lo abarcativo de las evidencias. - Lo robusto (acuerdo entre tipos diferentes de datos).	Observaciones y medidas
	- Experimentos controlados (una variable). - Estudios ciegos y doblemente ciegos. - Análisis estadísticos de los errores. - Replicación y tamaño de la muestra.	Experimentos
	- Nuevos instrumentos y su validación. - Modelos y entidad-modelo. - Ética de la experimentación en seres humanos.	Instrumentos

Las tres listas anteriores conforman la propuesta de Allchin de una aproximación “whole science” (ciencia integral, en nuestra traducción), noción que abarcaría todos los aspectos de la ciencia, experimentales, conceptuales y sociales. La pretensión no es separar los contextos materiales, cognitivos y culturales; por el contrario, es la de tenerlos en cuenta a la hora de enseñar NOS. A partir de una estructura básica para enseñar la NOS, la idea es involucrar a los estudiantes en ejemplos de ciencia integral a través de investigaciones y estudios de caso.

La tercera propuesta es la de Irzik y Nola (2011), quienes sostienen que la visión consensuada de NOS propuesta por Lederman y colaboradores enseña a los estudiantes solo aquellas características que son ampliamente aceptadas en los documentos curriculares estandarizados de ciencia, en el dominio estándar de la epistemología, historia y sociología de la ciencia, o en las propuestas de alfabetización científica. Tales características son las menos controversiales de la NOS.

Para Irzik y Nola, tal propuesta no ayuda a superar las imágenes ingenuas de ciencia que se forman los jóvenes. Proponen como alternativa asumir la NOS desde la idea epistemológica del enfoque de parecidos de familia. La idea de “parecido de familia”, de raíz wittgensteiniana, consiste en que los miembros de una familia pueden parecerse en algunos aspectos pero no en otros. Aplicada a la NOS, consiste en reconocer un conjunto de parecidos entre pares de elementos que conforman la ciencia.

Irzik y Nola (2011) señalan ocho categorías para la ciencia, que se describirán más adelante. Proponen una clasificación sistemática de tales categorías con la cual pretenden describir la NOS: serían las categorías que se deberían enseñar. Es de señalar que en tal clasificación se tienen en cuenta posiciones epistemológicas tanto positivistas como “constructivistas” en sentido amplio (Popper, Kuhn, Feyeraend, Laudan o van Fraassen) (tablas 4 y 5).

Tabla 4.  
Categoría cognitivo-epistémica para la NOS propuesta por Irzik y Nola.

LA CIENCIA COMO UN SISTEMA COGNITIVO-EPISTÉMICO		Características
Proceso de Indagación	- La formulación de preguntas (problemas). - Hacer observaciones, recoger y clasificar datos. - Diseño de experimentos. - Formulación de hipótesis. - Construcción de modelos y teorías. - Comparación de modelos y teorías alternativas.	
Objetivos y valores	- Predicción. - Explicación. - Coherencia. - Sencillez. - Fecundidad. - Viabilidad. - Alta confirmación. - Capacidad de prueba y proximidad a la verdad. - Adecuación empírica.	
Metodologías y reglas metodológicas	- Construcción de hipótesis/teorías/modelos altamente comprobables. - Evitar hacer revisiones ad hoc de las teorías. - Selección de la teoría más explicativa. - Elegir la teoría que haga verdaderamente predicciones nuevas sobre las que sólo predicen lo que ya se conoce. - Rechazar las teorías inconsistentes. - Aceptar teorías simples y rechazar las más complejas. - Aceptar una teoría solamente si puede explicar todos los éxitos de sus predecesoras. - Utilizar experimentos controlados en las pruebas de hipótesis causales. - En la realización de experimentos en sujetos humanos siempre utilizar procedimientos ciegos.	
Conocimiento científico	- Leyes. - Teorías. Modelos. Informes observacionales y datos experimentales. - Productos.	

Tabla 5.  
Categoría social-institucional para la NOS propuesta por Irzik y Nola.

LA CIENCIA COMO UN SISTEMA SOCIAL-INSTITUCIONAL		Características
<b>Actividades profesionales</b>	- Asistencia a reuniones académicas. - Presentar resultados de sus investigaciones. - Publicar. - Revisión de documentos académicos. - Escribir proyectos de investigación y búsqueda de fondos para ellos. - Hacer trabajo de consultoría para organismos públicos y privados.	
<b>La ética científica</b>	- Honestidad intelectual (o integridad). - Respeto por los sujetos investigados (humanos y animales). - Respeto por el ambiente. - Libertad de investigación. - Actitud receptiva de los científicos.	
<b>La certificación Social y difusión del conocimiento científico</b>	- Revisión de los resultados de investigación por pares expertos para su publicación. - Acceder a las publicaciones permite la crítica/aprobación por parte de la comunidad de especialistas. - Aceptado el nuevo conocimiento científico, este será ahora parte de los contenidos a enseñar.	
<b>Valores sociales de la ciencia</b>	- Libertad de investigación.- Respeto por el medio ambiente. - Mejorar la salud y calidad de vida de las especies, en especial a la humana. - Contribuir al desarrollo económico de las personas.	

La cuarta propuesta de NOS es la que propone Adúriz-Bravo (2005), quien considera que la naturaleza de la ciencia es un conjunto de contenidos metacientíficos seleccionados por su valor para la educación científica, sobre los cuales se realiza una adecuada transposición didáctica. Dichos contenidos provienen de distintas escuelas y autores de la epistemología del siglo XX, ambientados en episodios paradigmáticos de la historia de la ciencia y advertidos por la sociología de la ciencia contra el dogmatismo, el triunfalismo, el elitismo y el sesgo de género propios de las visiones de ciencia tradicionales, comúnmente calificadas de científicistas o tecnocráticas (Adúriz-Bravo, 2006).

Adúriz-Bravo propone abordar la NOS desde dos aspectos: 1) desde una periodización epistemológica compuesta por tres épocas epistemológicas (positivismo lógico y concepción heredada; racionalismo crítico y nueva filosofía de la ciencia, postmodernismo y visiones contemporáneas), y 2) desde lo que ha denominado “campos teóricos estructurantes”, que serían seis (Adúriz-Bravo, 2001). Los campos agrupan lo que se podría denominar “cuestiones” metateóricas clásicas, situadas en un nivel de organización más bajo. Tales cuestiones serían de gran utilidad para la enseñanza de las ciencias, puesto que remiten a reflexiones genéricas sobre la naturaleza profunda de esas disciplinas que se pueden establecer en las aulas de los diferentes niveles educativos (tabla 6).

Tabla 6.  
Cuestiones metateóricas clásicas para la NOS propuestas por Adúriz-Bravo.

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, y 3. Postmodernismo y visiones contemporáneas
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?	

## CONCLUSIONES

En nuestra opinión, las cuatro posturas renovadas de la NOS discutidas aquí propician miradas potentes para su vinculación con la didáctica de las ciencias y posibilitan así investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. Algunos autores señalan que la visión consensuada ya está agotada por distintos problemas teóricos y metodológicos. Ahora queda, por parte de la comunidad en didáctica de las ciencias, establecer las fortalezas y debilidades de estas cuatro posiciones de NOS tanto en la investigación como en la planeación, formulación e implementación de estrategias de enseñanza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. (2014). The Evolving Landscape Related to Assessment of Nature of Science. In N.G. Lederman y S.K. Abell (Eds.), *Handbook of Research in Science Education*, Volume II. (pp. 621-650). New York, NY, USA: Routledge.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- (2006). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Educación y Pedagogía*, XVIII(45), 25-36.
- ALLCHIN, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- IRZIK, G., & NOLA, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.
- MATTHEWS, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In *Advances in nature of science research* (pp. 3-26).
- MCCOMAS, W. (ed.). (1998). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- NIJAZ, M. (2016). History and philosophy of science as a guide to understanding nature of science. *Revista Científica*, 1(24), 16.