

LA ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN CHILE: DEL CURRÍCULO A LA SALA DE CLASES

Hernán L. Cofre Mardones¹

Resumen

La naturaleza de la ciencia (NOS en inglés), ha sido definida como las características propias del conocimiento científico. La comprensión de la NOS se reconoce como componente esencial de la alfabetización científica, sin embargo, las investigaciones señalan que la comprensión de los profesores y de los estudiantes sobre este tema no es la adecuada. Por otra parte, el nuevo eje de “habilidades de pensamiento científico” del currículo nacional vigente en Chile incluye algunos aspectos sobre NOS. Este tema, por lo tanto, debería tratarse explícitamente en las salas de clase. Además, los estándares para la formación de profesores de enseñanza básica y media encargados de enseñar ciencias también han incluido componentes de NOS. En este contexto este trabajo tiene tres objetivos principales: el primero es contribuir a la comprensión de la NOS y de cuáles son las formas más efectivas de enseñarla según la literatura. Segundo, se diagnosticará cuál es el estatus de la NOS en el contexto de la educación científica en Chile. Tercero, se describirán ejemplos concretos de cómo enseñar la NOS. Finalmente se discute cuál es el futuro de la investigación en la enseñanza de la NOS y cuáles son algunas medidas que deberían tomarse para poder implementar la enseñanza de la NOS en forma efectiva.

Palabras clave: Naturaleza de la ciencia, NOS, alfabetización científica, formación de profesores, enseñanza de la NOS.

Abstract

The Nature of Science (NOS in English) have been defined as the characteristics of scientific knowledge. The understanding of NOS is recognized as an essential component of scientific literacy. However, current research suggests that teachers and students understanding of NOS is not adequate. On the other hand, the new axis of “scientific thinking skills”, at the national curriculum in Chile includes some aspects of NOS. Therefore, this issue should be explicitly addressed in the classroom. Moreover, the standards for elementary and secondary science teacher education also included components of NOS. In this context, this paper has three main objectives: the first is to contribute to the understanding of NOS and what are the most effective ways to teach it according to the literature, the second is to assess the status of NOS in the context of science education in Chile and the third is to describe specific examples of how to teach NOS. Finally, I discuss what is the future of research in the issue of teaching NOS and what should be some actions to be taken in order to implement NOS instruction in a effective way.

Keywords: Nature of science, NOS, scientific literacy, teacher training, teaching of NOS.

¹ Mathematics & Science Education Department, Illinois Institute of Technology, Chicago, USA.
Departamento de Biología, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile.

Introducción

La idea de la enseñanza de las ciencias naturales para la alfabetización científica de todos los estudiantes de Chile es una idea que ha estado en el currículo nacional al menos desde los últimos quince años (MINEDUC, 1998, 2002, 2009, 2012). De acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la alfabetización científica puede ser definida como los siguientes atributos del individuo:

- *El conocimiento científico y el uso de ese conocimiento para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre preguntas relacionadas con la ciencia.*
- *Conocimiento de las características de la ciencia, como una forma de conocimiento humano y como una metodología de investigación.*
- *El conocimiento de cómo la ciencia y la tecnología modifican nuestro ambiente material, intelectual y cultural.*
- *Disposición a participar en temas relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano reflexivo (OCDE, 2009, p. 128, destacado en este estudio).*

Uno de estos atributos, *el conocimiento de las características de la ciencia como una forma de conocimiento humano*, es lo que en la literatura de educación científica se conoce como la **naturaleza de la ciencia o NOS**, por su abreviatura en inglés (Lederman 2007). Esta comprensión de la NOS ha sido reconocida, desde hace varias décadas, como una parte fundamental de la alfabetización científica en diferentes documentos oficiales sobre educación científica alrededor del mundo (American Association for the Advancement of Science [AAAS] 1990; National Research Council [NRC] 1996). Por ejemplo, Harlen (2010) ha presentado una propuesta de cuáles serían los principios y grandes ideas de la ciencia, dentro de los cuales no sólo se incluyen ideas **de** la ciencia, sino también ideas **sobre** la ciencia. Dentro de estas últimas se incluyen algunas de las características del conocimiento científico como: 1) No hay un sólo método científico para generar y probar las explicaciones científicas; 2) las explicaciones propuestas deben basarse en evidencia obtenida a partir de observaciones y experimentos; 3) cualquier teoría o modelo es provisional y está sujeto a revisión a la luz de nuevos datos; 4) las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicancias éticas, sociales, económicas y políticas, entre otras.

A pesar del consenso sobre la importancia de la NOS para la educación científica, existe una gran cantidad de evidencia, que tanto profesores como estudiantes de todos los niveles educativos y alrededor de todo el

mundo no poseen una buena comprensión de lo que son las características del conocimiento científico (Lederman 2007; McComas 1996, 2008; Lederman y Lederman, 2010). Lamentablemente, Chile no parece ser una excepción, ya que recientemente se han mostrado las primeras evidencias de la mala comprensión que tienen profesores secundarios y primarios de lo que es la NOS (Contreras, 2009; Ravanal y Quintanilla, 2010; Cofré *et al.*, 2011, 2012a, en revisión).

De acuerdo a este escenario, en este trabajo se abordarán los siguientes objetivos: primero, se realizará una breve revisión de lo que la literatura internacional ha consensuado acerca de lo que es la NOS y cuál es la forma más efectiva para poder enseñarla en los diferentes niveles en los cuales es necesaria su comprensión. En segundo lugar, se revisarán algunos ejemplos de la presencia de la NOS en el currículo nacional (planes y programas vigentes, estándares para la formación de profesores, libros de texto, entre otros) y del conocimiento que de ella tienen profesores y estudiantes. Para finalizar, se ofrecerán algunos ejemplos de cómo se puede enseñar la NOS en diferentes contextos.

¿Qué es la naturaleza de la ciencia?

Antes de definir qué es la naturaleza de la ciencia es necesario definir qué es la ciencia. En términos instrumentales, y sin desmercer los aspectos filosóficos o epistemológicos que podrían abordarse al definir qué es la ciencia para la educación científica, se podría decir que la ciencia está formada por tres dominios: el **conocimiento científico**, la forma, métodos o procedimientos a través de los cuales se genera este conocimiento, lo que algunos llaman la **indagación o investigación científica** y las **características o la naturaleza de este conocimiento** (Bell, 2009; Lederman y Lederman, 2010). A este último aspecto se le ha llamado naturaleza de la ciencia, aunque algunos autores han notado que el hablar de naturaleza de la ciencia, y no de naturaleza del conocimiento científico, ha llevado a que muchas veces se incluyan también dentro de este concepto las *características de la indagación científica* (Lederman 2007). Para este autor la NOS debería definirse como: "*Las características del conocimiento científico que se relacionan directamente con la forma en que este se produce*". Sin embargo, otros autores la definen de forma más amplia como: "*NOS es conocer como trabaja la ciencia*" (Wellington y Ireson, 2008). Dentro de la literatura de educación científica existen más de 20 características que se han dado como propias del quehacer científico (Osborne *et al.*, 2003; Lederman, 2007; McComas, 2008). En la Tabla 1 se muestran algunas de las características de la ciencia según diferentes autores, donde se incluyen tanto aspectos del conocimiento generado como de la metodología que usan los científicos para generar este conocimiento.

Independiente del grado de acuerdo que existe sobre cuáles o cuántos son los aspectos del conocimiento científico (epistemología) y cuáles o cuántos de estos aspectos se debería enseñar (educación científica) para propiciar la alfabetización científica, lo que está claro es que en la mayoría de los casos tanto profesores de ciencia como estudiantes no poseen una visión informada del tema y, por lo tanto, mantienen una serie de mitos o errores conceptuales en relación a lo que es la ciencia y cuál es el quehacer de los científicos (McComas, 1996; Lederman, 2007). Por ejemplo, **el mito de la objetividad de la ciencia** es algo muy arraigado en los estudiantes, olvidando que desde el momento mismo de las observaciones y la recolección de los datos y hasta la interpretación de los resultados los científicos son guiados por sus preconcepciones, su intuición y su experiencia personal, lo que lleva a que el resultado de sus investigaciones esté cargado de su visión y opinión sobre el tema investigado (McComas, 1996). Es en opinión de los mismos científicos (aunque no de todos) que un grado de subjetividad en el quehacer científico es algo positivo:

“Different interpretations may be a good thing because every mind is only a subset of the whole existing knowledge... and everyone’s subset is different. Using the same observations or data... (scientists) with different subsets will generate different explanations... it is the combination of all the interpretations that, after many years, may finally lead to the real picture (Molecular biologist)” (pág. 121, Won y Hodson, 2009).

Otras preconcepciones fuertemente arraigadas en los estudiantes e incluso en los profesores en el tema de la naturaleza de la ciencia son: la creencia de que existe **un solo método científico** con pasos predefinidos y que toda investigación científica debe tenerlos, el que las **hipótesis se transforman en teorías y que las teorías terminan en leyes** o que toda investigación científica debe poner a prueba una **hipótesis** (McComas, 1996, Lederman, 2007). En términos de este último mito, bastaría con preguntarse cuáles son las hipótesis de proyectos millonarios y multinacionales, por ejemplo, el proyecto de secuenciación del genoma humano. Es claro que muchos campos de investigación científica, por ejemplo la astronomía, las ciencias de la Tierra o la biología de la conservación, poseen temas emergentes para los que no existe conocimiento previo que permita realizar hipótesis. Por otro lado, trabajos descriptivos son muchas veces absolutamente útiles para la sociedad o para construir nuevo conocimiento con el cual sí se pueda generar explicaciones. Es la opinión de algunos científicos:

“I sometimes try to minimize the amount of hypothesis or assumed knowledge. For example, I have recently embarked on a journey into hyperspectral imaging where I collect as much data as possible and then

allow computers to extract as much information with as little prior ‘expert knowledge as possible’ (Materials scientist)” (p. 118, Won y Hodson, 2009).

No obstante, y para ser “objetivos”, se debería decir que los estudios realizados sobre la visión de ciencia que poseen los científicos han mostrado que existe una gran diversidad de visiones, encontrándose posiciones tradicionales similares a aquellas mantenidas por estudiantes y profesores. Por otro lado, también se ha descrito que la visión de NOS de los científicos no estaría directamente relacionada ni con la disciplina ni con la productividad de su investigación (Schwartz *et al.*, 2012).

¿Cuál es la forma más efectiva de enseñar la NOS?

En la actualidad existe una gran cantidad de literatura sobre estrategias para la enseñanza de NOS, tanto a nivel de profesores como en estudiantes (Clough 2006; Lederman, 2007, Acevedo, 2009, Bell *et al.*, 2011). Después de casi dos décadas de investigación, existen pruebas de que un enfoque explícito y reflexivo, en el cual se trata la comprensión de la NOS como un resultado cognitivo y no como un proceso afectivo, es la mejor estrategia para la enseñanza de la NOS para los estudiantes y los profesores (Lederman, 2007). Es decir, los estudiantes aprenden menos sobre NOS cuando este tema se trata en forma implícita, por ejemplo, al pensar que los estudiantes pueden aprender sólo por el hecho de realizar actividades de indagación (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Lederman, 2007). Sin embargo, aún existe mucho trabajo por hacer dentro de las metodologías explícitas de la enseñanza de la NOS.

Algunas de las conclusiones o recomendaciones que se obtienen de la revisión de la literatura, se pueden organizar en tres niveles de enseñanza: cursos, contextos y estrategias propiamente tales (Cofré *et al.*, 2012a, en revisión). A nivel de cursos, se ha mostrado que cursos específicos sobre NOS o indagación (por ejemplo talleres extracurriculares para estudiantes básicos o cursos para el desarrollo profesional de profesores) son uno de los mejores escenarios de enseñanza, no obstante, la enseñanza de la NOS en cursos de metodologías de enseñanza o didáctica de las ciencias, así como en cursos de contenido, también han mostrado gran efectividad (Cofré *et al.*, en revisión). En cuanto a los cursos de historia de la ciencia o filosofía de las ciencias, o incluso experiencias de investigaciones reales como internados en laboratorios, existe evidencia que han obtenido menores resultados cuando no se da espacio para la reflexión sobre el tema de NOS (Cofré *et al.*, datos no publicados). En relación al contexto, entendiendo por ello si la enseñanza de NOS se realiza junto a la enseñanza de otro contenido científico (en contexto) o si se realiza enfocada en la indagación y la misma NOS como contenido (descontextualizada), se

Tabla 1. Diferentes características del conocimiento científico que deberían ser enseñadas de acuerdo a diferentes autores (e.g. McComas, 1996; Osborne *et al.*, 2003; Aduriz-Bravo, 2007; Lederman, 2007; Bell, 2009; Kampourakis y McComas, 2010).

Características de la Naturaleza de la Ciencia
1. El conocimiento científico es provisorio o tentativo. Las proposiciones científicas cambian cuando se obtiene nueva evidencia o cuando la evidencia anterior es reinterpretada por los científicos.
2. El conocimiento científico está, al menos parcialmente, basado en y /o derivado de observaciones del mundo natural.
3. La ciencia incluye la creatividad y la imaginación en todas las etapas de la investigación
4. El conocimiento científico se genera a través de diferentes métodos y no existe un solo procedimiento con pasos predefinidos.
5. El conocimiento científico se organiza en hipótesis, predicciones, modelos, teorías, leyes, entre otros, los cuales son diferentes tipos de explicaciones de fenómenos observables.
6. El conocimiento científico se genera a través de la suma de los datos y la inferencia de los científicos
7. Los científicos utilizan su experiencia, sus creencias y su intuición al generar el conocimiento científico, por lo que su resultado nunca es totalmente objetivo.
8. El conocimiento científico es el resultado del trabajo de comunidades científicas con mayor o menor grado de colaboración.
9. La ciencia, como cualquier empresa humana, se practica en un contexto de una cultura mayor y sus practicantes (los científicos) son el producto de esa cultura.
10. La ciencia y la tecnología son campos que se impactan mutuamente, pero no son lo mismo.

ha mostrado que no existe mayor diferencia entre uno y otro modelo (Khishfe y Lederman, 2006, 2007; Bell *et al.*, 2011) y que, de hecho, la mayor eficiencia parece lograrse cuando existe una enseñanza que combina ambas aproximaciones (Seung *et al.* 2009; Donnelly y Argyle, 2011; Cofré *et al.*, 2012a). Esto se daría porque las actividades descontextualizadas servirían para captar la atención del participante y lograr el conflicto cognitivo necesario, para que luego, con actividades o trabajo dentro del contenido científico, se vea la utilidad o se comprenda el contexto en el cual se observan los aspectos enseñados de NOS. Finalmente, en cuanto a las estrategias, existe una plétora de aproximaciones que se han utilizado, las que incluyen el uso de: discusiones de temas socio-científicos (cambio global, evolución versus creacionismo, enfermedades y salud humana), actividades de indagación y experimentación con reflexión sobre NOS, actividades para la argumentación, actividades que promuevan el cambio conceptual; la metacognición, la dramatización, la contrastación con temas pseudocientíficos, el seguimiento de científicos en sus laboratorios, episodios históricos en el desarrollo del conocimiento científico, analogías, entre otros (Aduriz-Bravo, 2002; Abd-El-Khalick y Akerson, 2004; Boujaoude *et al.*, 2005; Tsai, 2006; Bell *et al.*, 2011; Cofré *et al.*, datos no publicados). Si bien es difícil poder generalizar la efectividad de tal diversidad de métodos, se puede decir que la efectividad se relaciona con el aspecto a enseñar y la audiencia, que los temas sociocientíficos, históricos y de cambio conceptual han tenido el mayor éxito, y que la dramatización y el seguimiento a científicos son las aproximaciones menos exitosas. Se

debe recordar que todas estas estrategias han tratado de forma explícita y activa la enseñanza de la NOS, por lo que una clase lectiva sobre historia de la ciencia o una actividad demostrativa en el laboratorio tendrán muy baja efectividad si no se incluye una reflexión explícita sobre el tema de la NOS. Por lo mismo, la enseñanza de la NOS debe ser planificada y evaluada para tener éxito (Lederman, 2007).

¿Cuál es el estado de la enseñanza de la NOS en Chile?

El tema de la naturaleza de la ciencia o NOS ha estado en el currículo nacional, al menos desde los últimos quince años (MINEDUC, 1998, 2002, 2009, 2012). Sin embargo, y a diferencia de otros países, la NOS en Chile ha estado presente principalmente de forma fragmentada e implícita en nuestros documentos oficiales, ya sea junto a contenidos tradicionales: “*Conocer evidencias que fundamentan teorías sobre la evolución del universo, el origen de la vida y la evolución de las especies y comprender que toda teoría científica debe tener un adecuado fundamento empírico*” (Objetivos Fundamentales, 8.º Año Básico Marco Curricular para Educación Básica, 2002), o dentro de lo que se ha llamado el eje de habilidades de pensamiento científico, donde se mezcla con lo que es el hacer indagación y el saber sobre indagación (véase Vergara, 2012 en este mismo número para una discusión de la indagación en nuestro currículo) o con aspectos históricos de la ciencia: “*Valorar el conocimiento del origen y el desarrollo histórico de conceptos y teorías, reconociendo su utilidad para comprender el quehacer científico y*

la construcción de conceptos nuevos más complejos” (Objetivos Fundamentales, Primer año medio, Ajuste curricular 2009).

Sin embargo, esta presencia de la NOS en nuestro currículo está lejos de tocar todos o gran parte de los aspectos que se han descrito como necesarios para la alfabetización científica (Tabla 1). De hecho, en nuestro currículo uno puede reconocer alguna mención de los aspectos 1, 2, 5, 6, 8, 9 y 10 de la Tabla 1, siendo el aspecto histórico, social y cultural de la ciencia el más citado (Cofré *et al.*, datos no publicados). Por otro parte, la mayoría de las veces no son más de dos los aspectos incluidos en cada nivel o grado y algunos de ellos se asemejan más a una visión positivista o tradicional de la ciencia o a los mitos antes descritos, más que a las características actuales de la ciencia. En la Tabla 1 se puede observar que en octavo básico sólo existe un aspecto de NOS incluido dentro de los objetivos y contenidos del nivel.

De cualquier forma, este imperfecto pero loable esfuerzo de inclusión de algunos pocos aspectos de la NOS en nuestro marco curricular vigente, enfrenta además serios obstáculos para poder llegar a las salas de clases (Cofré *et al.*, 2010). Por una parte, los textos escolares, material oficial de nuestro currículum y la piedra angular de las clases de muchos profesores de ciencias, nunca incluyen dentro de los objetivos de la unidad o del capítulo el trabajo de algún aspecto de NOS citado en el marco curricular y en los programas de estudio (véase un ejemplo en la Tabla 2). Por otro lado, las menciones dentro de la mayoría de los textos sobre aspectos de NOS son mínimas y muchas veces se aluden aspectos no tratados, por lo que podríamos pensar que se pretende generar el aprendizaje de estas características de NOS de forma implícita (Libro de texto tercero medio biología, Cofré *et al.*, datos no publicados).

La Tabla 2 muestra un ejemplo del tortuoso viaje de uno de los aspectos de NOS incluidos en el marco curricular de ciencia hasta el libro del alumno del mismo nivel. Como se puede ver, luego de ser descrito como un objetivo fundamental y un contenido mínimo del nivel, el carácter tentativo del conocimiento científico toma el carácter de aprendizaje esperado dentro del programa de estudios de octavo básico, asociado a dos unidades de contenido, incluyendo indicadores de logros, actividades y consideraciones didácticas. Sin embargo, al pasar al libro de texto, el objetivo, contenido y aprendizaje desaparecen totalmente para el alumno y probablemente también para una parte importante de los profesores. Lo más irónico de esta situación particular es que el texto del estudiante no solamente no incluye el tratamiento de NOS, sino que disemina mitos y errores conceptuales sobre el quehacer científico dentro de sus páginas. El ejemplo más importante se puede apreciar a continuación:

Conversemos:

“El descubrimiento del átomo y el planteamiento de modelos atómicos han sido producto de un largo camino de esfuerzo, dedicación y trabajo en equipo de muchos hombres y mujeres a lo largo de la historia. Primero se comenzó sobre la base de supuestos, hasta que, con el apoyo de métodos experimentales y un conocimiento más objetivo, se llegó a demostrar que el átomo existía...” (pág. 91, Ciencias Naturales, 8.º Educación Básica, 2012).

Para analizar este párrafo, sólo basta contrastarlo con la opinión sobre la utilidad del electrón en ciencias que nos da Richard Feynman, Premio Nobel de Física:

“The electron is a theory that we use; it is so useful in understanding the way nature works that we can almost call it real” (R. Feynman, 1965).

Para finalizar este análisis de lineamientos oficiales sobre la enseñanza de la NOS, es importante señalar que la publicación de los nuevos estándares orientadores para la formación de los profesores (CEPPE, 2011, 2012) es un paso adelante. Ambos documentos incluyen explícitamente estándares sobre la comprensión de la NOS en profesores:

- PEDAGOGÍA BÁSICA

Estándar 2: comprende ideas fundamentales de las ciencias naturales y **las características del conocimiento científico (o sea, NOS)**.

- PEDAGOGÍA EN ENSEÑANZA MEDIA, BIOLOGÍA, FÍSICA Y QUÍMICA

Estándar 7, 10 o 7 de acuerdo a la disciplina: muestra las habilidades propias del quehacer científico y **comprende cómo se desarrolla este tipo de conocimiento (más restringido y más confuso, pero insinúa NOS)**.

A pesar de esta buena intención es preciso decir que estos estándares son incompletos, confusos e incluso poseen errores conceptuales sobre NOS, como por ejemplo decir que: *“explica la evolución del pensamiento y del quehacer científico a lo largo de la historia destacando hitos centrales de su desarrollo y comprende que uno de los componentes centrales de la evolución del conocimiento científico es la aproximación experimental”* (véanse secciones anteriores donde se tocan los mitos). De hecho es importante señalar que los borradores que se pudieron revisar antes de la publicación final de los estándares incluían de forma explícita la comprensión de la naturaleza de la ciencia (Cofré, observación personal).

En este punto de nuestro análisis, cabe preguntarse, ¿habrá algún curso de octavo básico en Chile que en 2012 trabaje el carácter tentativo del pensamiento científico

Tabla 2. Ejemplo de referencias en el currículo de ciencias de Chile, en el nivel de octavo año básico, al carácter provisorio del conocimiento científico.

Referencia de un aspecto de la NOS	Tipo de instrumento curricular
<p>Objetivo fundamental: comprender que el conocimiento acumulado por la ciencia es provisorio, y que está sujeto a cambios a partir de la obtención de nueva evidencia.</p> <p>Contenidos mínimos obligatorios</p> <p>Habilidades de pensamiento científico: análisis y discusión del carácter provisorio del conocimiento científico, a partir de relatos de investigaciones contemporáneas o clásicas relacionados con los conocimientos del nivel que muestran cómo estos han cambiado.</p>	Marco curricular vigente, actualización 2009 (2012)
<p>Unidad 1. Materia y sus transformaciones: modelos atómicos y gases ideales</p> <p>AE 02 <i>Explicar que el conocimiento acumulado por la ciencia es provisorio, y que está sujeto a cambios a partir de la obtención de nuevas evidencias.</i></p> <p>Unidad 5. Organismos, ambiente y sus interacciones: origen y evolución de la vida</p> <p>AE 03 <i>Explicar el carácter provisorio del conocimiento científico</i></p> <p>Habilidades de pensamiento científico</p> <p>AE 04 <i>Comprender que el conocimiento acumulado por la ciencia es provisorio, y que está sujeto a cambios a partir de la obtención de nueva evidencia.</i></p> <p>Indicadores de evaluación sugeridos</p> <p>- Explican el carácter provisorio del conocimiento científico en base a investigaciones clásicas y contemporáneas. - Obtienen información sobre el aporte de algunos científicos relevantes para la comprensión de los fenómenos del entorno.</p> <p>Unidad 1</p> <p>Indicadores de evaluación sugeridos</p> <p>- Explican el carácter provisorio del conocimiento científico, ejemplificando con los sucesivos cambios introducidos en el modelo atómico por Thompson, Rutherford y Bohr y las evidencias en que se basaron.</p> <p>Unidad 5</p> <p>Indicadores de evaluación sugeridos</p> <p>- Dan razones que apoyan la idea de que el conocimiento científico es provisorio, ejemplificando con las teorías del origen de la vida. - Dan ejemplos de evidencias nuevas que han refutado o cambiado teorías o planteamientos científicos anteriores.</p> <p><i>Además, se hacen referencias a este objetivo en: orientaciones didácticas, ejemplos de actividades y ejemplos de evaluaciones de las unidades donde aparece (1 y 5)</i></p>	Programa de Estudio Octavo Básico 2012
<p>Unidad 2. La evolución y los seres vivos</p> <p>Dentro de la unidad no existe ninguna mención al AE 03.</p> <p>Unidad 1. Modelos atómicos y gases ideales.</p> <p>Dentro de la unidad no existe ninguna mención sobre el AE 02.</p>	Libro de texto, Ciencias Naturales, Calderón, <i>et al.</i> , 2009 (vigente en 2012).

como lo sugiere el marco curricular? La respuesta podría ser, claro que sí, si la mayoría de los profesores tuviera una comprensión acabada del quehacer científico y conociera nuestras herramientas curriculares. Sin embargo, existen evidencias que hacen pensar que la mayoría de los profesores de ciencia en Chile, ya sea de educación básica o media, no poseen un conocimiento acabado sobre la NOS (Contreras, 2009, Ravanal y Quintanilla, 2010; Cofré *et al.*, 2011, 2012a, enviado). Por ejemplo, Contreras (2009) encontró que dentro de un grupo de profesores de ciencia de enseñanza media, la mayoría cree que el conocimiento científico es un conocimiento

objetivo y verdadero. Por otra parte, Ravanal y Quintanilla, (2010) estudiando una muestra de profesores de biología, dedujeron que muchos de ellos estaban muy de acuerdo con aseveraciones como: "la ciencia es objetiva, neutral e imparcial", "el cambio de una teoría científica por otra se basa en criterios objetivos", y que "se debe enseñar un conocimiento verdadero, confiable y definitivo". Algo similar se ha descrito para profesores básicos a cargo de las clases de ciencia (Cofré *et al.*, 2011, 2012, enviado). Estos últimos autores han dado a conocer que la mayoría de una muestra de 20 profesores de pedagogía básica no comprendía la diferencia entre

teoría y ley, pensaba que el conocimiento científico era objetivo y que no había diferencia entre la observación y la inferencia. Aunque estos estudios muestran sólo una pequeña parte de del universo de profesores de ciencia del país, estos resultados tienen sentido si se observa la formación inicial de los profesores de ciencia de hoy y del pasado. Los estudios de Cofré y colaboradores (Cofré y Vergara, 2010; Cofré *et al.*, 2010b, 2012b) han mostrado que la mayoría de las mallas o planes de estudio de profesores básicos y de enseñanza media no incluyen explícitamente cursos o créditos específicos sobre historia de la ciencia, filosofía de las ciencias o naturaleza de las ciencias. Además, también se observa que los planes de estudio poseen muy pocos cursos de didáctica de las ciencias, el escenario más común en que la mayoría de los programas internacionales incluyen el tema de NOS o indagación científica (Cofré *et al.*, datos no publicados).

Este escenario, unido a las falencias de los libros de texto en el tema de la NOS y el uso que de ellos hacen muchos profesores de ciencia—más del 90% de los profesores de ciencia estudiados por Contreras (2006) considera que el libro de texto tiene una influencia positiva, por lo tanto, lo consideran una herramienta esencial en el trabajo—muestran un panorama poco alentador para la enseñanza de la NOS en las salas de clase de Chile. Sin embargo, también existen evidencias recientes que es posible lograr cambios en la comprensión de la NOS en profesores básicos, a través de programas de desarrollo profesional de largo aliento y en los cuales se usan metodologías eficientes de enseñanza de la NOS, como las revisadas en la sección anterior (Cofré *et al.*, 2012, en revisión).

Enseñanza de la NOS con y sin contexto

De acuerdo a Lederman y Lederman (2004), cualquier actividad para enseñar un contenido tradicional de ciencia puede ser modificada para enseñar de forma explícita algún aspecto de la NOS, sin mucho esfuerzo o pérdida de tiempo. En esta sección se describirán brevemente dos actividades utilizadas para la enseñanza de algunos aspectos de la NOS. El lector se puede beneficiar de otros ejemplos de actividades de la NOS en trabajos anteriores (Lederman y Abd-El-Khalick, 1998; National Academy of Sciences, 1998; Aduriz-Bravo, 2002; Lederman y Lederman, 2004, 2010).

“Tricky Tracks!”

Esta actividad puede ser utilizada para introducir a los estudiantes en el tema de la NOS. Es ampliamente utilizada en estudios donde se espera mejorar la comprensión de la NOS desde educación básica (Akerson y Donnelly, 2010), hasta profesores de educación básica y media en servicio (Abd-El-Khalick y Lederman,

2000; Cofré *et al.*, 2012, en revisión). Una descripción más detallada de la actividad se puede encontrar en artículos anteriores (Lederman y Abd-El-Khalick, 1998; National Academy of Sciences, 1998). La actividad tiene como objetivo ayudar a los participantes a distinguir entre observación e inferencia y darse cuenta de que, basándose en el mismo conjunto de datos, se pueden dar varias respuestas igualmente válidas a la misma pregunta. La actividad comienza cuando se les muestra a los participantes la lamina A de la Figura 1, con una impresión de huellas y se les pregunta qué es lo que observan. La mayoría de las veces los estudiantes responderán que son “huellas dejadas por aves”, sin saber qué están infiriendo. Mostrando copias adicionales (B y C) de las huellas, se puede discutir la distinción entre la observación y la inferencia.

En mi experiencia con esta actividad, aplicada a estudiantes de primeros años de pedagogía, profesores en servicio y estudiantes de magíster en educación, he encontrado respuestas tan disímiles como: “veo huellas de aves”, “huellas fósiles”, “las de arriba son de ratón y las de abajo de pájaro”, “son semillas en el viento”. Este tipo de actividad ha sido descrita en la literatura como **descontextualizada, general o no integrada** según el autor, ya que se pueden trabajar aspectos de NOS y de indagación científica sin hacer referencia a ningún contenido científico particular. Su utilidad está dada por el quiebre cognitivo y el trabajo de reflexión que se da con los participantes, lo cual pocas veces se realiza en la sala de clases de ciencia. Sin embargo, existe la preocupación de que la utilización sólo de este tipo de actividades sea poco efectiva, ya que los profesores muchas veces están limitados por el tiempo y la necesidad de revisar contenidos científicos tradicionales (no obstante, se debe recordar que en el marco curricular existen objetivos y contenidos mínimos que apuntan a que el estudiante reconozca la diferencia entre observación e inferencia). Por esta razón se sugiere que la enseñanza de NOS también incluya actividades **contextualizadas, específicas o integradas** con los contenidos (Clough, 2006). A continuación se describe una actividad de este tipo.

“¿Qué es una especie?”

Esta actividad puede ser utilizada para introducir a los estudiantes en el tema del concepto de especie. Este concepto está asociado a importantes errores conceptuales, como por ejemplo confundir especie con individuo u organismo o no entender la diferencia con lo que es una población. Esta confusión tiene profundas implicancias en la comprensión de otros contenidos como biodiversidad y evolución. Pese a estas dificultades, puede ser útil incluir la reflexión de NOS al tratar este tema, ya que a través de esta reflexión se puede relacionar el concepto de especie con otros temas dentro de la ecología como la conservación biológica o la evolución.

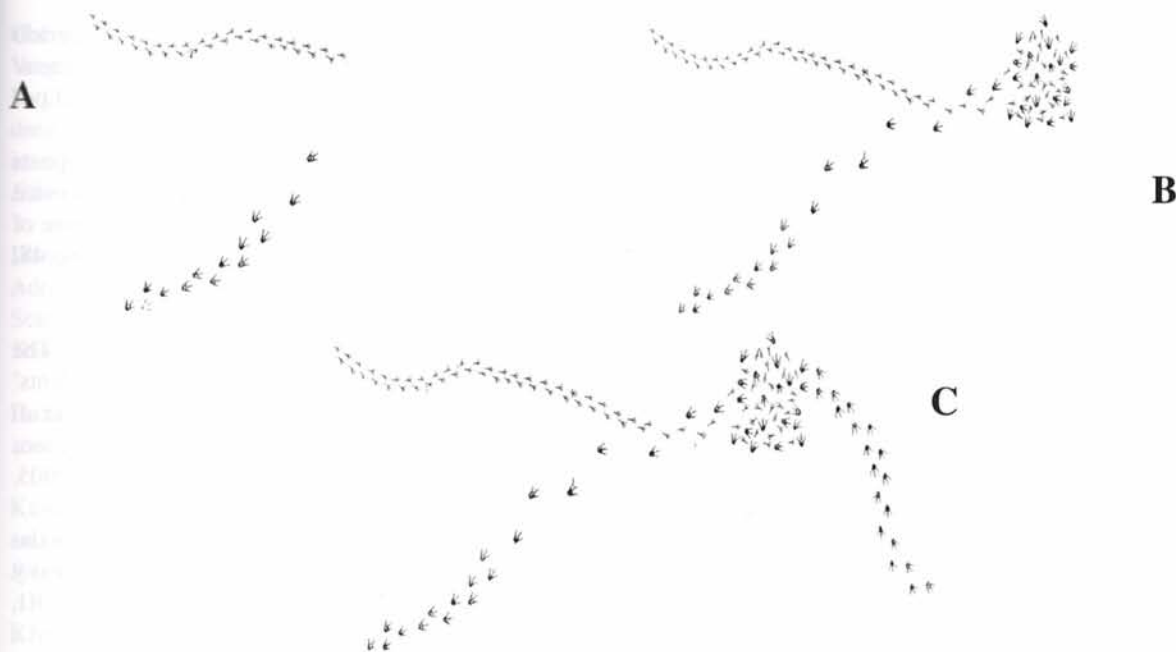


Figura 1. Material visual utilizado en la actividad "Tricky Tracks!" (Tomado de Lederman y Abd-El-Khalick, 1998).

La actividad tiene como objetivo de NOS ayudar a los participantes a comprender que la subjetividad es parte de la generación del conocimiento científico; comprender que el conocimiento es provisorio y comprender que el conocimiento científico influye en la sociedad. En dos horas pedagógicas de clase se pueden revisar los diferentes conceptos de especie, para luego pasar a un taller escrito donde se trabajen los aspectos conceptuales revisados y también aquellos aspectos de NOS a los cuales se quiere apuntar en la discusión. El taller incluye información sobre el hecho de que hoy en día hay científicos que reconocen dos especies de lobos, una en EE.UU. y otra en Europa, mientras otros sólo reconocen una. El material de contenido biológico para esta actividad se puede obtener de Zimmer (2008). Luego de revisar las evidencias para las diferentes visiones se puede hacer las siguientes preguntas:

- ¿Por qué habrá esta diferencia de opinión entre los científicos?
- ¿Será objetivo o infalible el concepto de especie biológica desarrollado por E. Mayr?
- ¿Qué consecuencias para la conservación del lobo tiene el que la ciencia reconozca dos especies diferentes o sólo una?

Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se ha mostrado que la naturaleza de la ciencia o NOS es un concepto complejo, difícil de definir, pero imprescindible para la alfabetización científica. Existen muchos errores conceptuales con respecto a la NOS, los cuales debemos trabajar con los estudiantes al igual como se trabaja cualquier otra *misconception*

asociada a un contenido científico tradicional. También se ha mostrado que, aunque existe una inclusión de la NOS en nuestros documentos oficiales, esta presencia está incompleta y poco clara para el profesor. De hecho se mostró el primer análisis de un libro de texto vigente, el cual no incluye de ninguna forma el objetivo fundamental del marco curricular relacionado con NOS. Finalmente, también se ha presentado una revisión actual de la investigación sobre la enseñanza de NOS, junto a la presentación de dos ejemplos de actividades que se pueden utilizar para este fin, con lo cual se pone a disposición de profesores en formación y en servicio nuevo material, el que se une al escaso existente en nuestro país (Adúriz-Bravo, 2002, Cofré, 2010 y capítulos en él).

De acuerdo a esto se puede concluir que pese a ser un componente imprescindible en la enseñanza de las ciencias, la enseñanza de NOS en Chile aún está en sus albores. No obstante, y a pesar de estas deficiencias inmediatas, también se puede concluir que existe una oportunidad cierta, en el mediano y largo plazo, de tomar la senda correcta para mejorar sustancialmente la comprensión de la ciencia en el país.

Este mejoramiento debería ir asociado tanto a cambios a nivel de políticas educativas en el área de las ciencias naturales como a cambios en las instituciones formadoras de profesores y encargadas de investigar en el área de la enseñanza de las ciencias. Específicamente, en el mediano plazo se debería dar coherencia a todos los documentos oficiales que tienen que ver con la educación científica en Chile (marco curricular, libros de texto, pruebas estandarizadas en todos los niveles, estándares

para la formación de profesores de ciencia de básica y media, programas de formación continua) generando una política de educación científica centrada en todos los componentes necesarios para la alfabetización científica (contenidos, habilidades de indagación y comprensión de la NOS, entre otros, véase introducción) y no sólo en los conocimientos disciplinares. Por otra parte, también en el mediano plazo, las instituciones encargadas de la formación y la investigación deberían alinear sus esfuerzos a estas políticas. Una vez que estos actores tomen este nuevo rumbo hacia una preocupación real sobre la alfabetización científica de nuestros niños y jóvenes, será responsabilidad de las escuelas y de los profesores de ciencia generar ambientes de aprendizaje para la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia y en definitiva de la ciencia como un todo.

Agradecimientos

A Claudia Vergara y Juan P. Jiménez, quienes realizaron sugerencias que mejoraron la calidad de este manuscrito.

Bibliografía

Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. G. The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of research in science teaching*, **37**, p. 1057-1095, 2000.

Abd-El-Khalick, F., Akerson V. Learning as conceptual change: factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, **88**, p. 785-810, 2004.

Acevedo, J. 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, 2009.

Adúriz-Bravo, A. Un modelo para introducir la Naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias. *Pensamiento Educativo*, **30**, p. 315-330, 2002.

Adúriz-Bravo, A. A proposal to teach the nature of science (NOS) to science teachers: The 'structuring theoretical fields' of NOS. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, **1**[2], p. 41-56, 2007.

Akerson, V., Donnelly, L. A. Teaching Nature of Science to K-2 Students: What understandings can they attain? *International Journal of Science Education*, **32** [1], p. 97-124. 2010.

American Association for the Advancement of Science. *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press, 1990.

Bell, R. Teaching the nature of science. 2009. Recuperado el 29 de junio de 2012 desde: <http://pactiss.org/wp-content/uploads/2011/08/Teaching-the-Nature-of-Science1.pdf>

Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B.M. Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, **48**, p. 414-436, 2011.

Boujaoude, S., S. Sowwan, Abd-El-Khalick, F. The effect of using drama in science teaching on students' Conceptions of the nature of science In: *Boersma et al. (eds.), Research and the Quality of Science Education*, Springer. Printed in the Netherlands p. 259-267, 2005.

CEPPE. Estándares Orientadores para carreras de pedagogía general básica, Centro de Estudios de Políticas y Prácticas en Educación & Ministerio de Educación, 2011.

CEPPE. Estándares Orientadores para carreras de pedagogía en educación media, Centro de Estudios de Políticas y Prácticas en Educación y Ministerio de Educación, 2012.

Clough, M. P. Learner's responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *International Journal of Science Education*, **15**, p. 463-494, 2006.

Cofré, H. *Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile*. Ediciones UCSH. Santiago. Chile, 2010.

Cofré, H., Vergara, C. La formación de profesores de ciencia en Chile: desarrollo, estado actual y futuros desafíos. Capítulo 10. In H. Cofré (Ed). *Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile*. (p. 247-267). Ediciones UCSH, 2010.

Cofré, H., J. Camacho, A., Galaz, J. Jiménez, D. Santibáñez, Vergara, C. La educación Científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios Pedagógicos*, **26**, p. 279-293, 2010.

Cofré, H., C. Vergara., J. Jiménez, D. Santibáñez, M. Yancovic, J. S. Lederman, Lederman, N. G. Primary teachers' conceptions of nature of science in Chile: is it possible to improve it? NSTA 2012 Global Conversations in Science Education Conference, Indianapolis, March 28-31. USA, 2012a.

Cofré, H., C. Vergara, J. Jiménez, D. Santibáñez, J. Camacho & Galaz, A. Future Challenges of Science Teacher Education in Chile. *Science Teacher Education*, **63**, p. 8-18. 2012b.

- Cofré, H. L., J. E. Jiménez, D. P. Santibáñez, C. A. Vergara, M. A. Yancovic, J. S. Lederman, Lederman, N. G. Improving in-service elementary teachers' understanding of nature of science using a complementary instructional approach. *Journal of Science Teacher Education*. (en revisión).
- Donnelly, L. A., Argyle, S. Teachers' Willingness to Adopt Nature of Science Activities Following a Physical Science Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, **22**, p. 475-490, 2011.
- Harlen, W. *Principles and big ideas of science education*. ASE, 2010. Download from: www.ase.org.uk.
- Kampourakis, K., McComas, W.F. Charles Darwin and Evolution: Illustrating Human Aspects of Science. *Science & Education* **19**, p. 637-654, 2010.
- Khishfe, R., Lederman, N. G. Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, **43**, p. 377-394, 2006.
- Khishfe, R., Lederman, N. G. Relationship between instructional context and views of nature of Science, *International Journal of Science Education*, **29**, p. 939-961, 2007.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. Revising Instruction to Teach Nature of Science. *The Science Teacher*, **71**, p. 36-39, 2004.
- Lederman, J., N. Lederman. Capítulo 5. El desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido para la naturaleza de la ciencia y la indagación científica. En: Cofré H. (ed.). *Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile*. Ediciones UCSH, 2010.
- Lederman, N.G. Nature of science: Past, present, and future. En: S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, p. 831-879, 2007.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding denatured science: Activities that promote understandings of the nature of science. En W. McComas (Ed), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. (p. 83-126). Dordrecht, Kluwer.
- McComas, W. F. Ten Myths of Science: Reexamining What We Think We Know About the Nature of Science *School Science and Mathematics*, 96[1], p. 10-16, 1996.
- McComas, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, **17**[2/3], p. 249-263, 2008.
- MINEDUC. *Marco curricular de la educación media. Objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios de la educación media*. Ministerio de Educación, Santiago, Chile. p. 394, 1998.
- MINEDUC. Marco curricular de la educación básica. Unidad de currículum y evaluación. Ministerio de Educación, Chile, 2002.
- MINEDUC. Ajuste curricular en Chile. Unidad de currículum y evaluación. Ministerio de Educación, Chile, 2009.
- MINEDUC. Nuevas bases curriculares. Unidad de currículum y evaluación. Ministerio de Educación, Chile, 2012.
- National Academy of Sciences, Working Group on Teaching Evolution. 1998. *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press, 1996.
- OCDE. PISA 2009 Assessment Framework-Key Competencies in Reading, Mathematics and Science, 2009. juan.flores@umce.cl>Osborne, J. , S. Collins, M. Ratcliffe, Millar, R., Duschl. R. What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the Expert Community. *Journal of research in science teaching* **40**, p. 692-720, 2003.
- Ravanel, E., Quintanilla, M. Caracterización de las concepciones epistemológicas del profesorado de Biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **9**, p. 111-124, 2009.
- Schwartz, R. S., J. F. Westerlund, D. M. García, Taylor, T. A. The Impact of Full Immersion Scientific Research Experiences on Teachers' Views of the Nature of Science. *Electronic Journal of Science Education*, **14**, p. 1-41, 2010.
- Seung, E., Bryan, L., Butler, M. Improving preservice middle grades science teachers' understanding of the nature of science using three instructional approaches. *Journal of Science Teacher Education*, **20**, p. 157-177, 2009.
- Won, S., Hodson, D. From the Horse's Mouth: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge. *Science Education* **93**, 109-130, 2009.
- Wellington, J., Ireson, G *Science Teaching, Science Learning*, London: Routledge, 2008.
- Zimmer, C. What is a Species? *Scientific American* **298**, [6], p. 72-79, 2008.