

# LA FILOSOFÍA DE LA QUÍMICA COMO REFERENCIA EPISTEMOLÓGICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA “NATURALEZA DE LA CIENCIA” PARA LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE QUÍMICA

The Philosophy of Chemistry as an Epistemological Reference in the Construction of a ‘Nature of Science’ for Chemistry Teacher Education

Carlos A. Díaz \*, Yefrin Ariza \*\*, Agustín Adúriz-Bravo \*

\* Universidad de Buenos Aires - CONICET, \*\* Universidad Nacional de Quilmes - CONICET

Correspondencia: Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (GEHyD), Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CeFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Mail: carlosalberto.diazguevara@yahoo.es

Recibido: 28-09-2016; Aceptado: 14/12/2016

## Resumen

En este trabajo pretendemos abordar la pregunta de qué referencia(s) epistemológica(s) puede(n) constituir la base para construir una imagen de la química y de los químicos que se adecue a los desarrollos actuales de la filosofía de la ciencia y al requerimiento contemporáneo de conseguir una educación científica de calidad para todos. Partiendo de la literatura acerca de la naturaleza de la ciencia, sostenemos la idea de que, si bien se pueden identificar algunos referentes epistemológicos generales, parece emerger la reciente filosofía de la química como un referente epistemológico que puede considerarse fructífero para la actual didáctica de la química. Este referente podría considerarse novedoso y a la vez cercano a la contemporánea “concepción semántica de las teorías científicas”.

**Palabras clave:** Naturaleza de la ciencia; referencia epistemológica; formación del profesorado de química; filosofía de la química.

## Abstract

In this paper we intend to address the question of which epistemological reference(s) can constitute the basis to construct an image of chemistry and chemists that fits current developments in the philosophy of science and the contemporary requirement to achieve a quality science education for all. Based on the literature about the nature of science, we adhere to the idea that, although some general epistemological references can be identified, there also seems to emerge the recent philosophy of chemistry as an epistemological referent that can be considered fruitful for current didactics of chemistry. This reference could be considered new and at the same time close to the contemporary “semantic conception of scientific theories”.

**Keywords:** Nature of science; epistemological reference; chemistry teacher education; philosophy of chemistry.

## INTRODUCCIÓN

Las vinculaciones entre las reflexiones *metateóricas* (es decir, las reflexiones sobre el conocimiento y la actividad científicas) y la didáctica de las ciencias fueron raramente explicitadas durante buena parte del siglo XX. Llegadas las propuestas de enseñanza de claro corte constructivista en el último cuarto de ese siglo, algunas referencias provenientes de la filosofía de la ciencia comenzaron a permear las discusiones didácticas acerca de los fundamentos epistemológicos de la educación científica. Dentro del paradigma constructivista didáctico, esas referencias apuntaban mayormente a nociones de la llamada “nueva filosofía de la ciencia”, tal como el constructo kuhniano de “paradigma”. También comenzó a recurrirse a referencias de la filosofía de la ciencia para examinar críticamente la “ciencia escolar” y consolidar la didáctica de las ciencias como disciplina académica. Paralelamente, cobró gran importancia el estudio del conocimiento acerca de la ciencia que tienen los estudiantes de los diversos niveles educativos y el profesorado de ciencias que labora en esos niveles.

La introducción explícita de contenidos metacientíficos en la didáctica de las ciencias ha permitido instaurar y consolidar un componente metateórico dentro de los currículos de ciencias desde el nivel inicial hasta el universitario y dentro de la formación inicial y continuada del profesorado de ciencias. Este componente, consolidado en la actualidad, es conocido con el nombre de “naturaleza de la ciencia” (o NOS, por las siglas en inglés de *nature of science*), y se ubica dentro de un área de investigación e innovación didácticas que internacionalmente se suele denominar “HPS” (por “history and philosophy of science for science teaching”: contribuciones de la historia y la filosofía de la ciencia a la enseñanza de las ciencias).

En el camino de construcción colectiva de una naturaleza de la ciencia educativamente valiosa, dentro de la comunidad de didáctica de las ciencias se hace relevante responder a la pregunta de qué saberes de la filosofía de la ciencia constituirían la base para construir una imagen de ciencia y de científico que se ajuste a los desarrollos actuales de esa disciplina y a los requerimientos contemporáneos para conseguir el objetivo de una educación científica de calidad para todos. Cuando se plantea esta pregunta entre los didactas de las ciencias, es posible llegar a identificar varias “referencias epistemológicas”: la filosofía de la ciencia “erudita” o académica (es decir, tal cual ella es desarrollada por los filósofos de la ciencia profesionales); una diversidad de epistemologías (incluyendo algunas fuera de la corriente principal, tales como Ciencia-Tecnología-Sociedad, estudios sociales de la ciencia, constructivismo, epistemología feminista, etc.); la filosofía de la ciencia *hibridada* con otras metaciencias (tales como la historia, la sociología y la psicología de la ciencia); una referencia epistemológica “desdibujada” (producto de creaciones propiamente didácticas); y una filosofía de la ciencia muy reciente de corte semanticista y modeloteórica.

En este trabajo trasladamos esta pregunta general acerca de la fundamentación epistemológica al campo específico de la formación de profesores y profesoras de química: ¿qué referencias de la filosofía de la ciencia pueden conformar la base para construir una imagen de la química y de los químicos epistemológica y didácticamente más robusta? Creemos que, luego de tener identificados de forma general los referentes epistemológicos más usuales, parece emerger un referente alternativo ubicado en lo que Mario Bunge (1981) denomina “epistemologías regionales”<sup>1</sup>; estamos aludiendo a la reciente filosofía de la química, novedosa y hasta cierto punto cercana a la “concepción semántica de las teorías científicas”, escuela esta última que goza de gran vigencia dentro de la actual reflexión metacientífica.

## REFERENCIAS EPISTEMOLÓGICAS PARA LA NATURALEZA DE LA CIENCIA (NOS)

Desde hace ya varios años se viene reconociendo a la filosofía de la ciencia (o epistemología) como la “piedra angular” en la construcción de la fundamentación metateórica de la enseñanza de las ciencias. El acercamiento explícito entre filosofía de la ciencia y didáctica de las ciencias, gestado hace unos treinta años, ha rendido sus frutos, de manera tal que cuando se alude a las bases o fundamentos de las investigaciones, reflexiones, actividades y producciones de nuestra disciplina es inevitable acudir a las principales *metateorizaciones* de la filosofía de la ciencia del siglo XX, frecuentemente acompañadas de marcos provenientes de la historia y la sociología de la ciencia.

Desde su institucionalización a mediados de la década de 1920, la filosofía de la ciencia se ha desarrollado ampliamente a través de diversas líneas de pensamiento que abordan la reflexión acerca de una variedad de aspectos que constituyen la actividad llamada “ciencia”: sus procesos, productos, cambios en el tiempo, valores, imbricación en la cultura, relaciones con otras actividades humanas, etc. En la actualidad es bien reconocida la enorme complejidad de la actividad científica y las múltiples relaciones que guarda con la sociedad, la política, la tecnología, la educación, la industria o la guerra. Es defendible entonces la posibilidad de que, a fin de estudiar todas esas características y relaciones, se deban elaborar conceptualizaciones de segundo orden (“meta”, usando el prefijo griego con el sentido de “más allá” y “por encima de”). Desde ese punto de vista, ya no es una novedad entonces que actualmente exista una pasmosa cantidad de referentes o marcos para el análisis metacientífico.

Como consecuencia, el corpus de conocimiento epistemológico al cual se puede hacer referencia desde la didáctica de las ciencias cuando se procura obtener sustento metateórico es amplio y variado, y nada fácil de asimilar para didactas y profesores. La variedad de referentes a los cuales acudir hace que aparezcan divergencias sobre *qué* elegir de entre las múltiples perspectivas de pensamiento metacientífico existentes. Es claro que, como didactas, priorizamos aquellas teorizaciones en coincidencia con los objetivos deseables para la educación científica, pero aun así el espectro de opciones es vasto. De esta manera surge discusión entre los especialistas en didáctica de las ciencias en torno a qué nociones epistemológicas usar y, en particular, a qué contenidos de filosofía de la ciencia son los más apropiados para incluir dentro de la enseñanza de las ciencias, es decir, para constituir el nuevo componente *curricular* de naturaleza de la ciencia.

Proponemos aquí que otro paso posible para profundizar en la búsqueda de consensos didácticos en torno a la naturaleza de la ciencia consistiría en el esclarecimiento de los pesos “relativos” de los principales referentes epistemológicos más usados. Siguiendo de cerca el trabajo de Adúriz-Bravo y colaboradores (2011), es posible reconocer algunas preferencias clásicas en cuanto a la elección de “referencias NOS”. Hemos identificado al menos cinco referencias en la construcción de la naturaleza de la ciencia; las presentamos brevemente a continuación.

## **1. Filosofía de la ciencia “erudita”**

Está constituida por los marcos teóricos especializados que se encuentran en las producciones de los filósofos de la ciencia profesionales. Esta referencia es “estricta”, en tanto se toman los contenidos tal cual ellos son entendidos en la comunidad experta, lo que puede llevar a una funcionalidad *limitada* cuando se usan en el ámbito de la didáctica de las ciencias sin mayor transposición. El traslado de contenidos “puros” de la filosofía de la ciencia sin pasar por una “adecuación” didáctica, en el sentido de seleccionar la naturaleza, profundidad, alcance, destinatarios y utilidad de esos contenidos, hace que a veces no coincidan con los fines deseados para la construcción de la NOS, que es parte constitutiva de la ciencia escolar y, por tanto, persigue el objetivo último de educar científicamente a la ciudadanía.

Creemos importante aclarar en este punto que, si bien la filosofía de la ciencia y la didáctica de las ciencias tuvieron caminos mutuamente excluyentes hasta los años '80 (tal como lo señala el clásico artículo de Richard Duschl [1985]) y luego se tendió crecientemente a generar vínculos más estrechos entre ellas (ver, por ejemplo, el trabajo también ya clásico de Michael Matthews [1994]), el objetivo del acercamiento actual no es la formación de filósofos de la ciencia. La riqueza de la introducción de contenidos metateóricos en la enseñanza de las ciencias y en la formación del profesorado de ciencias depende del grado de “coincidencia” con los objetivos de la didáctica de las ciencias contemporánea.

## **2. Reflexiones metateóricas en el campo general de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología**

En este apartado incluimos estudios “meta” muy variados, y en general aún poco “disciplinados”, que se encuentran en la periferia de la filosofía de la ciencia erudita y se podrían incluir bajo el paraguas de los “estudios sociales de la ciencia y la tecnología”. Por ejemplo, el enfoque ciencia-tecnología-sociedad (CTS), la filosofía de la tecnología, los estudios de ciencia y género y la epistemología feminista, la “comprensión pública de la ciencia”, el constructivismo, la nueva sociología del conocimiento científico, la axiología de la ciencia, los estudios sociocientíficos, epistemologías “emergentes” como las de Prigogine, Maturana o Morin<sup>ii</sup>, la ética de la ciencia, las reflexiones ambientales, etcétera.

En el caso particular del enfoque CTS, Solbes y Vilches (1997) afirman que, frente a una formación metacientífica general como la que propone la NOS clásica, este enfoque trata de romper esquemas y visiones inadecuadas y “folk” acerca de la actividad científica, para empoderar a la ciudadanía y dotarla de una visión más crítica. Desde esta referencia epistemológica se da gran importancia a la comprensión no solo de la dinámica científica sino también de la actividad tecnológica y de las relaciones bidireccionales ricas entre ciencia y tejido social. Se acepta así la premisa de la existencia de una “tecnociencia”: una novedosa forma de apropiación del mundo natural sobre la cual se fundamenta la actual sociedad de la información y del conocimiento; se entiende que la plena ciudadanía se ejerce en el seno de las interrelaciones entre investigación científica, innovación tecnológica, desarrollo socioeconómico y cambios culturales.

Esta segunda referencia epistemológica, que recoge aportes de otros campos “meta”, se introduce en el ámbito de la naturaleza de la ciencia bajo la idea de que la toma de decisiones de los individuos y las sociedades está fuertemente influida por la visión tecnocientífica dominante en cada lugar y cada época. Entonces, el análisis crítico de la tecnociencia constituye una puerta de entrada al aprendizaje de las ciencias.

### 3. Referencia que “hibrida” metaciencias

Esta tercera referencia aborda el estudio de la actividad científica desde las “metaciencias” en conjunto: historia, sociología, psicología, antropología, lingüística de la ciencia y otras, complementando la propia filosofía de la ciencia, que queda así entendida como disciplina *científica* de segundo orden. La reflexión epistemológica clásica es ahora expandida y fortalecida por las demás metaciencias para reflexionar sobre mayor variedad de aspectos del conocimiento y la actividad científicas; se analiza así el funcionamiento de la ciencia desde perspectivas tanto “internalistas” (construcción del conocimiento, métodos de validación, procesos cognitivos de los científicos) como “externalistas” (cosmovisión, relaciones sociopolíticas, aportaciones de la ciencia a la cultura y viceversa). De esta forma, la NOS queda entendida en un sentido muy amplio, sin que sea necesario reducirla a lo estrictamente “epistémico”.

Un ejemplo elocuente de esta referencia “híbrida” es el desarrollo de los llamados *tenets* (“postulados” de la NOS). Los *tenets* pueden ser definidos como aserciones metateóricas sencillas que describen diferentes aspectos de la naturaleza de la ciencia y se apoyan en un (supuesto) consenso entre filósofos, didactas y profesores de ciencias, algo que es claramente difícil de alcanzar. Más allá de las críticas que se pueden hacer a los fundamentos metodológicos de la construcción de los *tenets*, su introducción como “pilares” de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia deja escasos espacios de reflexión al público destinatario. En el caso particular de la formación docente, la aproximación “basada en tenets” puede poner limitaciones a la capacidad de los profesores de ciencias de asumir una postura crítica respecto de su propio conocimiento metacientífico.

### 4. Epistemología “desdibujada”

El acercamiento hecho desde la propia didáctica de las ciencias a los marcos de referencia epistemológicos para constituir contenido de naturaleza de la ciencia trae consigo que –al tratar de tomarse distancia de los aspectos más complejos, abstractos, duros y teóricamente “cargados”– se realicen reestructuraciones y simplificaciones por parte de los especialistas de nuestra disciplina, que distamos mucho de ser expertos en cuestiones de filosofía de la ciencia. El resultado es una base metateórica un tanto desdibujada, constituida por visiones epistemológicas adaptadas y combinadas de manera ecléctica por los propios didactas.

Esta cuarta referencia se caracteriza, entonces, por ser una genuina construcción didáctica, que no siempre posee una estructura de coherencia específica o remite a una

metateorización reconocible. En efecto, a veces se reúnen forzosamente diversas escuelas epistemológicas, e incluso distintos campos intelectuales que tienen como fin pensar la ciencia; tales escuelas y campos no son necesariamente compatibles en su origen. A ello se suma que, al ser “traídos” a nuestra disciplina, esos elementos a veces quedan distorsionados o empobrecidos o, en el mejor de los casos, resultan en ideas de naturaleza de la ciencia que carecen de la potencia teórica original.

## 5. Filosofía de la ciencia contemporánea

La disponibilidad de tantos marcos “meta” para construir una visión de NOS se traduce, como ya dijimos, en la ausencia de consensos unánimes, al interior de nuestra comunidad, sobre cuál sería la referencia metateórica más adecuada para responder satisfactoriamente a la reconocida necesidad de proveer al estudiantado de herramientas intelectuales para la reflexión crítica sobre la ciencia y al profesorado de fundamentos epistemológicos para la toma de decisiones informadas en sus aulas.

El pragmatismo y el eclecticismo dominantes no serían, sin embargo, completamente perniciosos (*cf. Vázquez et al., 2004*), y además no ocultarían ciertas tendencias reconocibles por debajo. En efecto, se puede afirmar que durante mucho tiempo la base epistemológica de referencia fue, tanto para didactas de la ciencia como para profesores de ciencias, la *nueva filosofía de la ciencia* de la posguerra. Esta referencia se constituyó en hegemónica desde los años '80 y sigue siendo mayoritariamente preferida en la actualidad por dos causas principales: se la consideró muy adecuada para expresar un rechazo frontal hacia el positivismo anterior a ella (identificado como el fundamento de la enseñanza “tradicional”) y se siguen desconociendo ampliamente las producciones posteriores a ella (*cf. Ariza y Adúriz-Bravo, 2011*).

A pesar de este marcado dominio de la epistemología historicista, contextualista y parcialmente relativista de los años '50 al '70, perspectivas metateóricas más actuales, y en especial la llamada “concepción semántica de las teorías científicas”, vienen incluyéndose de manera cada vez más frecuente en nuestra disciplina. En particular, propuestas como las de Ron Giere (1988), Bas van Fraassen (1980), Fred Suppe (1974) y, en menor medida, la del llamado “estructuralismo metateórico” (Balzer *et al.*, 1987) han aportado a los didactas de las ciencias reflexiones cada vez más elaboradas sobre la enseñanza de las ciencias, la formación del profesorado y el currículo de ciencias. En nuestra opinión, la referencia explícita a conceptualizaciones semánticas del constructo de “modelo científico” permite afirmar la incipiente emergencia de una didáctica de las ciencias “modeloteórica” (Adúriz-Bravo, 2009). Por ejemplo, autores como Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo (2003), Justi (2006) o Chamizo (2010) recurren a una caracterización semántica de los modelos científicos escolares que se apoya en ideas sofisticadas de la filosofía de la ciencia de los últimos treinta años.

## LA FILOSOFÍA DE LA QUÍMICA COMO OTRA POSIBLE REFERENCIA EPISTEMOLÓGICA PARA LA NOS

### Emergencia de la filosofía de la química como disciplina autónoma

Luego de cincuenta años de filosofía de la ciencia completamente dominada por el positivismo lógico del Círculo de Viena y sus sucesores, y de casi tres décadas más donde se privilegiaron los análisis historicistas y sociologizantes en la reflexión metacientífica, otras metateorizaciones se han ido desarrollando y ganando espacio en el ámbito de aquella disciplina; entre ellas, además de la concepción semántica de las teorías, se incluyen también el postmodernismo, el nuevo experimentalismo, la vuelta hacia visiones realistas, o los giros “representacionista” y “cognitivo”, que intentan acercar la filosofía de la ciencia a las disciplinas empíricas. A estas nuevas corrientes se suman las filosofías específicas de las distintas ciencias, denominadas por Mario Bunge (1981) como “epistemologías regionales”.

Dentro de estas últimas, la *filosofía de la química*, iniciada a fines de los años '80 o principios de los '90, concitó escasa atención por parte de los filósofos de la ciencia en su primera etapa (Lombardi y Pérez Ransanz, 2010), pero en la actualidad viene ganando un lugar en la comunidad académica. Esto se evidencia en el aumento de la producción en las revistas especializadas de filosofía de la ciencia<sup>iii</sup> y por la cada vez más sostenida participación de investigadores en congresos y encuentros de filosofía de la ciencia general con temáticas relacionadas a la filosofía especial de la química, como así también en eventos *específicos* dedicados íntegramente a la temática (e.g. el *Annual Meeting of the International Society for the Philosophy of Chemistry-ISPC*).

En la sección anterior destacamos, de entre toda la reflexión metateórica contemporánea, la concepción semántica de las teorías científicas. Nuestra posición al respecto es que esta referencia epistemológica es muy adecuada para proveer de fundamentos a la didáctica de las ciencias y para construir los elementos centrales e irreducibles de una naturaleza de la ciencia a enseñar. Sin embargo, de cara a construir una referencia epistemológica más específica para la didáctica de la química y para la formación del profesorado de esta disciplina, los aportes de la concepción semántica pueden ser enriquecidos con las reflexiones filosóficas que se han realizado en particular sobre el conocimiento y la práctica químicas. No nos resulta extraño, por cierto, que recientemente algunos investigadores en didáctica de la química hayan iniciado una “importación” de discusiones de la filosofía de la química a la educación química (cf. Erduran, 2000, 2001; Scerri, 2001).

En la construcción de una NOS para la enseñanza de la química podrían incluirse algunas de las discusiones filosóficas de la química más transitadas por la incipiente comunidad de especialistas. Retomamos aquí la selección de tópicos centrales de filosofía de la química que hace Martín Labarca (2005):

1. *Naturaleza de las entidades químicas.* Al interior de este tópico se suele tratar la naturaleza de conceptos de gran relevancia para la química –átomo, elemento, sustancia, enlace, valencia, estructura atómica, molécula. Entre todos ellos, las nociones de “enlace químico” y de “estructura molecular” han suscitado una importante cantidad de debates que giran, sobre todo, en preguntas acerca de su relación con la realidad del mundo de los materiales.

2. *El problema del realismo.* En este tema se abordan discusiones alrededor de la existencia (o no) de los objetos denotados por conceptos químicos muy abstractos; entre estos ha sido sin duda el centro de atención el concepto de *orbital*. Se da una ardua disputa entre quienes sostienen que los orbitales son “reales” (opinión mantenida por muchos químicos y educadores) y quienes aducen que esta afirmación es cuando menos problemática (aquí se incluyen algunos filósofos de la química y teóricos que simpatizan con la idea de una reducción de la química teórica a la mecánica cuántica).

3. *Autonomía de la química como disciplina.* El tema de la independencia de la química, y en particular su autonomía respecto de la física, podría considerarse como uno de los temas que dieron lugar a la emergencia de la filosofía de la química en su estado actual. La cuestión central en este ámbito de trabajo remite a la (im)posibilidad de reducción de la química a la física. Si la respuesta a esta pregunta es un “sí” sin matices, entonces la química tiene que ser entendida como una rama de la física, una disciplina que puede ser completamente expresada en términos físicos. Limitar la tendencia reduccionista, en cambio, implica reconocer autonomía e independencia a sus conceptos, leyes, explicaciones propósitos, valores, ontología.

4. *Modelización y explicación en química.* El constructo de modelo científico constituye una parte esencial de la filosofía de la ciencia contemporánea (Adúriz-Bravo, 2009), y la química no escapa a los análisis basados en modelos. En la práctica química, los modelos constituyen un recurso omnipresente para explicar los hechos del mundo.

5. *Leyes y teorías en química.* Este último tema incluye estudiar la posibilidad de la existencia de genuinas leyes y teorías químicas, su naturaleza específica, y sus diferencias con leyes y teorías de otras ciencias. La literatura de la filosofía de la química ha prestado una atención muy especial al caso de la llamada *ley periódica*, como “epítome” de ley química y manifestación del tipo de pensamiento de los químicos.

### **La filosofía de la química en la didáctica de la química**

Podemos entender la enseñanza de las ciencias como una actividad en la que confluyen los contenidos de la disciplina que se enseña, el saber didáctico de las ciencias y las reflexiones metateóricas sobre la ciencia. Una forma de presentar esta confluencia sería señalando que para enseñar ciencias no solo hace falta saber ciencias, sino que también se hace necesario saber cómo enseñarlas y cómo ellas son y cómo se han construido históricamente. En el campo de la filosofía de la química se acepta este supuesto fundamental:



Los enseñantes de química ganarán mucho si se familiarizan con [la] investigación [en filosofía de la química], dado que ella les permitirá ser más claros en la manera en que presentan variados aspectos de la química a sus estudiantes y colegas. No es suficiente con enseñar a los profesores de química solo los contenidos de química y quizás un poco de psicología educacional. Los enseñantes de química necesitan ser introducidos *en el estudio de la naturaleza de la química*. (Scerri, 2001: 168; la traducción y el subrayado son nuestros)

Adherimos aquí a propuestas anteriores que pretenden introducir la filosofía de la química en la educación química (e.g. Erduran, 2000, 2001; Scerri, 2001; Erduran y Scerri, 2003), pero “aterrizamos” estas reflexiones en la línea de trabajo de la naturaleza de la ciencia. Además sugerimos combinar la reflexión filosófica específica sobre la química con las construcciones epistemológicas recientes y actuales, y en especial con la concepción semántica de las teorías científicas. Esta combinación sinérgica permitiría introducir, en las aulas de química, consideraciones metateóricas acordes con los avances de la filosofía de la ciencia y al mismo tiempo de alta especificidad para entender la química. En este sentido, consideramos que tanto la concepción semántica de las teorías (en la filosofía general de la ciencia) como la filosofía de la química (en las epistemologías regionales) constituyen referencias *de fuerte impacto* sobre la enseñanza de la química.

### A MODO DE CONCLUSIÓN

La línea de investigación “NOS” se viene desarrollando crecientemente en la didáctica de las ciencias desde hace más de veinte años; su notable avance en la agenda de trabajo de los didactas se evidencia en su aparición cada vez más contundente en las revistas especializadas de nuestra disciplina (entre ellas, *Science & Education*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Ciência & Educação*). El conjunto de trabajos producidos en torno a la cuestión de qué naturaleza de la ciencia enseñar para educar científicamente ha ido incluyendo, con mayor o menor justificación teórica, una diversidad de referentes de carácter “meta”, que constituyen lo que hemos llamado aquí “referencias epistemológicas para la NOS”. Estimamos entonces que esta línea de trabajo está suficientemente madura como para intentar determinar aquellas referencias epistemológicas de mayor precisión y potencia, “candidatas” a proveer de buenos fundamentos para la naturaleza de la ciencia como objeto de enseñanza.

En este artículo hemos argumentado a favor de la concepción semántica de las teorías científicas y la filosofía de la química. La primera brinda marcos metateóricos de gran precisión para analizar el principal producto de la actividad científica: las teorías (cf. Lorenzano, 2011). Sus posibles aplicaciones al campo de lo didáctico, y en particular a la línea NOS, serían consecuencia directa de los resultados más que interesantes que ha generado para la elucidación de la naturaleza, estructura y dinámica de teorías y modelos científicos. La segunda, por su parte, contribuye a la construcción de una imagen robusta de la química como disciplina autónoma que, aunque tiene relaciones esenciales con otras disciplinas como la física o la biología, muestra grandes diferencias que la “particularizan” en el conjunto de las disciplinas científicas.

<sup>i</sup>Las epistemologías “regionales” o “específicas” son aquellas cuyas reflexiones filosóficas se dirigen al análisis de disciplinas científicas concretas, por ejemplo: la filosofía de la biología, la filosofía de la química, la filosofía de la física, etc.

<sup>ii</sup>Llamamos epistemologías “emergentes” a las reflexiones metateóricas que toman algunos constructos de las ciencias experimentales para usarlos de manera analógica en la comprensión de la naturaleza y dinámica del conocimiento científico.

<sup>iii</sup>La disciplina ya cuenta con sus propias revistas académicas: *Hyle-International Journal for the Philosophy of Chemistry and Foundations of Chemistry*.

## REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2009). Hacia un consenso metateórico en torno a la noción de modelo con valor para la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 2616-2620.
- Adúriz-Bravo, A., Ariza, Y. & Cardoso Erlam, N. (2011). Referencias epistemológicas en la construcción de una “naturaleza de la ciencia” para la alfabetización científica. *Revista Chilena de Educación Científica*, 10(2), 28-33.
- Ariza, Y. & Adúriz-Bravo, A. (2012). La nueva filosofía de la ciencia y la concepción semántica de las teorías científicas en la didáctica de las ciencias naturales. *Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas*, 2, 55-66.
- Balzer, W., Moulines, C.U. & Sneed, J.D. (1987). *An architectonic for science: The structuralist program*. Dordrecht: Reidel. (Versión castellana de P. Lorenzano: *Una arquitectónica para la ciencia: El programa estructuralista*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2012.)
- Bunge, M. (1981). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7(1), 26-41.
- Duschl, R. (1985). Science education and philosophy of science: Twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541-555.
- Erduran, S. (2000). Emergence and application of philosophy of chemistry in chemical education. *School Science Review*, 81, 85-87.
- Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10(6), 581-593.
- Erduran, S. & Scerri, E. (2003). The nature of chemical knowledge and chemical education. En J.K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J.H. van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice* (pp. 7-28). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Giere, R. (1988). *Explaining science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press. (Versión castellana de C.E. Gidi Blanchet: *La explicación científica del mundo: Un acercamiento cognoscitivo*, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.)
- Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Labarca, M. (2005). La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea. *Redes*, 11(21), 155-171.
- Lombardi, O. & Pérez Ransanz, A.R. (2010). En defensa de la autonomía de la química frente a la física: Discusión de un problema filosófico. En J.A. Chamizo (Ed.), *Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza* (pp. 114-141). México DF: Siglo XXI Editores.
- Lorenzano, P. (2013). The semantic conception and the structuralist view of theories: A critique of Suppe's criticisms. *Studies in History and Philosophy of Science*, 44, 600-607.
- Lorenzano, P. (2011). La teorización filosófica sobre la ciencia en el siglo XX (y lo que va del XXI). *Discusiones Filosóficas* 12(19): 131-154.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Routledge: Nueva York.
- Scerri, E. (2001). The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2, 168.
- Solbes, J. & Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- Suppe, F. (1974). *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press.
- van Fraassen, B. (1980). *The scientific image*. Oxford: Clarendon Press.
- Vázquez, Á., Acevedo, J.A. y Manassero, M.A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. Disponible en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.