

Filosofía de la química o historia y filosofía de la ciencia como guía para comprender el desarrollo de la química¹

Mansoor Niaz*

ABSTRACT (Philosophy of Chemistry or history and philosophy of science as a guide to understanding the development of chemistry)

Given the interest of the scientific community in understanding the development of chemistry within a historical context, this editorial presents a brief summary of some episodes that can help us to understand the epistemological origin of our discipline. A revision of the literature shows that we are faced with alternatives or perhaps dilemma: How did chemistry develop? An answer to this question can help our role as teachers in a more effective manner.

KEYWORDS: development of chemistry, philosophy of chemistry, history and philosophy of science

Introducción

La investigación en la enseñanza de las ciencias tiene una larga historia, si tomamos en cuenta dos revistas del nivel internacional: *Teachers College Record* (113 años) y *Science Education* (95 años). Asimismo, casi el mismo tiempo, la importancia de la historia y filosofía de la ciencia para la enseñanza de la ciencia fue reconocida por el físico-químico y filósofo positivista Wilhelm Ostwald (1908). En el caso particular de la química, la importancia de su historia fue reconocida por Smith (1925), uno de los fundadores de la *American Chemical Society*. Reinmuth (1932), editor de la revista *Journal of Chemical Education* hizo énfasis en que es mucho más importante hacerle ver a los estudiantes que las leyes y teorías científicas no surgen de los cerebros de los genios como un producto acabado y, por lo tanto, no hace falta que los estudiantes memoricen las conclusiones. Es interesante notar que este consejo antecedió al de Schwab (1962) con respecto a la 'retórica de conclusiones', por casi 30 años. Frank y Lundsted (1935) analizaron 20 textos de química publicados entre 1924-1934, en dos revistas (*Journal of Chemical Education* y *School Science and Mathematics*), y encontraron que la mayoría de los textos simplemente incluyen la historia de la química a través de una breve reseña basada en la biografía de los científicos. En contraste, Brush (1989) ha señalado que la in-

clusión de la historia no significa la descripción de los hechos y las conclusiones, sino que se debe demostrar cómo los científicos llegaron a una conclusión y cuáles fueron las alternativas, esto es, la dinámica de los cambios científicos. Para ilustrar cómo la historia y filosofía de la ciencia pueden servir de guía para comprender el desarrollo de la química, vamos a considerar tres ejemplos.

Mendeleev y la teoría atómica

En su famoso Faraday Lecture, D. Mendeleev (1889), uno de los químicos más ilustres del siglo XIX, señaló:

La ley periódica ha demostrado claramente que las masas de los átomos aumentan abruptamente, en etapas, las cuales son claramente conectadas de alguna manera con la ley de proporciones múltiples de Dalton ... Al conectar los nuevos enlaces, la teoría de los elementos químicos con la *teoría de las proporciones múltiples de Dalton, o estructura atómica de los cuerpos*, la ley periódica ha abierto para la filosofía natural un nuevo y amplio campo de especulación" (p. 642, cursiva añadida).

Es interesante notar que Mendeleev consideraba la ley de proporciones múltiples como sinónimo de la teoría atómica de Dalton. Para no dejar dudas al respecto en el mismo Faraday Lecture, Mendeleev (1889) fue aún más explícito al atribuir el éxito de la ley periódica a las ideas de Cannizaro (sobre la teoría atómica, expuestas en el Congreso de Karlsruhe, 1860), y formuló la siguiente hipótesis:

El velo que oculta la verdadera concepción de la masa, no obstante, indica que la explicación de esta concepción se debe buscar en la masa de los átomos, en vista de que *todas las masas no son otra cosa que agregaciones o adiciones de los átomos químicos*" (p. 640, cursiva añadida).

Educación Química agradece mucho al Dr. Mansoor Niaz su labor de edición de la sección "Áreas emergentes de la educación química [Naturaleza de la química: historia y filosofía de la química]" de este número extraordinario, desde la selección de los autores invitados, hasta la elaboración de esta editorial.

*Grupo de Epistemología de la Ciencia, Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Estado Sucre 6101, Venezuela.
Correo electrónico: niazma@gmail.com

Me complace que en este número especial de *Educación Química* se haya incluido un trabajo sobre la importancia del Congreso de Karlsruhe de los colegas Gallego Badillo, *et al.* Las ideas de Mendeleev nos deben llamar a reflexión con respecto a cómo se desarrolla la química: a) Mendeleev no sólo anunció la ley periódica, sino que trató de ‘especular’ con respecto a la posible causa de esta periodicidad en la tabla periódica. Es importante notar que la mayoría de los textos de química general ignoran este aporte de Mendeleev (para detalles ver: Brito, Rodríguez y Niaz, 2005); b) Mendeleev ‘especuló’ y trató de ‘hipotetizar’ sobre algo que se comenzó a investigar con los experimentos de Thomson (1897) y se terminó de establecer con los aportes de Moseley (1913) y otros. Esto demuestra de nuevo cómo se desarrolla la química; es decir, los químicos no sólo reportan datos empíricos sino que se tratan de postular mecanismos que subyacen en el contexto de lo estudiado (para más detalles ver: Niaz, Rodríguez y Brito, 2004). Este rasgo tan importante del trabajo de los químicos (a menudo ignorado), constituye precisamente una aplicación de la filosofía de la ciencia.

Lewis y el enlace covalente

Formación del enlace covalente fue uno de los grandes aportes de los químicos al desarrollo de la ciencia. Al comienzo del siglo XX, basándose en la ley de Coulomb, era difícil conceptualizar la existencia de un par de electrones (con la misma carga) ocupándose el mismo espacio. Éste fue el reto que planteó G. N. Lewis en un memorándum escrito a mano en 1902, y lo explicó casi 20 años después en los siguientes términos:

En el año 1902 (cuando estaba tratando de explicar a una clase de química general las ideas que se involucran en la ley periódica), estando interesado en la nueva teoría del electrón (descubrimiento del electrón por Thomson en 1897), y combinando esta idea con las que se implican en la clasificación periódica, yo formé *una idea de la estructura interna del átomo* (modelo del átomo cúbico), cual aun teniendo crudezas, desde entonces yo he considerado como una representación del arreglo de los electrones en el átomo (Lewis, 1923, pp. 29-30, cursiva añadida).

El átomo cúbico de Lewis fue esencialmente una idea ‘especulativa’ y aun así fue fundamental en la comprensión del enlace covalente, lo que constituye un precursor del *Principio de Exclusión de Pauli*. De nuevo no es de extrañar que la mayoría de los textos de química general ignoran este aporte tan importante para comprender el desarrollo de la química (para detalles, ver Niaz, 2001).

Pauling y la teoría atómica

El decano de los químicos modernos Linus Pauling (1964), en su texto de química general fue enfático al señalar: “El descubrimiento de la ley de proporciones múltiples fue el primer gran éxito de la teoría atómica de Dalton. Esta ley no

fue inducida desde los datos experimentales, sino que fue derivada desde la teoría y luego fue comprobada por experimentos” (p. 26).

Estos tres ejemplos muestran claramente cómo los químicos van mucho más allá de simplemente hacer los experimentos. La interpretación de los experimentos es una parte integral de lo que hacen los científicos; es decir, que es plausible sugerir que debemos enseñar la ciencia tal como la practican los científicos (ver Niaz, 2010, 2012). En otras palabras, los químicos han explorado no sólo lo fenomenológico sino los mecanismos, procesos y aspectos teóricos que subyacen en el contenido de su disciplina. De acuerdo con un célebre filósofo-físico, uno de los rasgos más importantes de la investigación en física es facilitar una explicación de lo observado experimentalmente (Cushing, 1991, pp. 337-338). En mi opinión, los químicos, en mayor o menor grado, han tratado de lograr algo similar.

La historia y filosofía de la ciencia pueden ilustrar el camino que debemos seguir en nuestros textos y salones de clases. Es interesante notar que las ideas originales de Mendeleev, Lewis y Pauling fueron desarrolladas en el contexto de la enseñanza de la química. De acuerdo con Gallego Badillo, *et al.* (2012, en este número) la química es una ciencia que se construyó en las aulas. A pesar de estos antecedentes de nuestra historia, Delamont (1990) ha reportado que a finales de la década de los años setenta, una revista de la investigación educativa recibió un manuscrito que trataba del debate teórico entre Kuhn y Lakatos. El editor, un distinguido profesor de la enseñanza de la ciencia, quedó tan perplejo que exclamó: ¿Quiénes son Kuhn y Lakatos? Este cuadro comenzó a cambiar con la publicación de la revista *Science & Education*, bajo la dirección de Michael Matthews (1992). Continuando esta línea de investigación, en un trabajo reciente, Garritz (2012) ha hecho énfasis en el uso de la historia y filosofía de la ciencia para ilustrar cómo las controversias y rivalidades entre científicos juegan un papel importante en el desarrollo de la ciencia.

En este número

Agustín Adúriz-Bravo (2012) nos presenta *algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química*. Los modelos de la química son a partir de algo porque se realizan con el auxilio de ideas teóricas consensuadas. Asimismo, los modelos químicos son analogías de los sistemas que se pueden capturar y condensar en enunciados teóricos muy generales, abstractos y potentes.

Kevin C. de Berg (2012), nos presenta el *origen de las ideas químicas para mejorar la comprensión de la química del aire*. Basándose en los trabajos experimentales de Boyle y Lavoisier, el autor concluye que en el desarrollo de la química, la narrativa, la historia y la epistemología están estrechamente relacionadas con la matemática que facilita la integración de los diferentes aspectos. El autor presenta una cita de William James para argumentar que cualquier disciplina tratada históricamente se convierte en una parte de las humanidades; de lo

contrario, sobre todo la química, se constituye en fórmulas y mediciones.

Rómulo Gallego Badillo, Adriana Patricia Gallego Torres y Royman Pérez Miranda (2012), presentan una visión de cómo el *Congreso de Karlsruhe facilitó el comienzo de una comunidad científica*. Estos autores presentan la disyuntiva que enfrentaban los químicos antes del Congreso de Karlsruhe, esto es, tal como había puntualizado Cannizzaro: una notación basada en lo atómico-molecular o, por el contrario, una referida a los resultados de las mediciones de los equivalentes. En el primer caso, cada fórmula química representaría la molécula, mientras que en el segundo, ésta sólo se referiría a la equivalencia. Uno de los grandes logros del Congreso fue precisamente la resolución de este conflicto conceptual.

Andrea Soledad Farré y María Gabriela Lorenzo (2012) presentan *de la construcción del conocimiento científico a su enseñanza – distintas explicaciones sobre la estructura del benceno*. Esta reconstrucción histórica facilita una comprensión de la estructura del benceno a partir de su reactividad química, teoría estructural, teoría de enlace de valencia y la teoría de orbitales moleculares.

José Antonio Chamizo, Daniela Castillo e Irys Pacheco (2012), en su *naturaleza de la química*, hacen énfasis sobre cómo el estudio histórico-epistemológico de la construcción de los conocimientos científicos y tecnológicos está ausente en la enseñanza de la química, la dinámica de las comunidades de especialistas, y el contexto en que se logró el desarrollo científico y tecnológico. En otras palabras, los profesores de química somos en realidad profesores de historia de la química.

Liberato Cardellini (2012), nos hace indagar con respecto a *¿por qué la química es una disciplina difícil?* El autor sugiere que podemos promover el interés y curiosidad de nuestros estudiantes al hacerles ver que la química es una empresa humana. Por ejemplo, si los modelos atómicos (Thomson, Rutherford, Bohr, Bohr-Sommerfeld) han cambiado en el pasado, esto manifiesta la naturaleza tentativa de las teorías científicas. En consecuencia, se puede presentar un escenario a los estudiantes, al explicar por qué un modelo es superado por otro, a través de detalles concretos. Uno de los textos que cumple con este requisito es de Cruz-Garritz, Chamizo y Garritz (1986).

Bayram Coştu y Mansoor Niaz (2012) presentan *el origen del enlace covalente en los libros de texto turcos de Química General, basándose en una perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia*. Ninguno de los 27 textos analizados mencionó el papel jugado por el átomo cúbico de G. N. Lewis, y así presentan una visión que carece del desarrollo histórico de la química.

Mansoor Niaz y Luis A. Montes (2012) ofrecen una experiencia con respecto a *entendiendo estequiometría, hacia la historia y filosofía de la química*. En este estudio el profesor del grupo experimental empleó una estrategia dialéctica constructivista basada en la presentación de datos experimentales hipotéticos que conducen al conflicto cognitivo y una confrontación crítica de diferentes proposiciones. Los resultados

obtenidos muestran que el grupo experimental se desempeñó mejor que el grupo de control.

Finalmente, se espera que los trabajos presentados en este número puedan facilitar a la comunidad científica a comprender su disciplina como: filosofía de la química o historia y filosofía de la ciencia como guía para comprender el desarrollo de la química.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 26 de marzo de 2012.
- Brito, A., Rodríguez, M. A., y Niaz, M., A reconstruction of development of the periodic table based on history and philosophy of science and its implications for general chemistry textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, **42**, 84-111, 2005.
- Brush, S.G., History of Science and Science Education, *Interchange*, **20**, 60-70, 1989.
- Cardellini, L., Chemistry: Why the Subject is Difficult?, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 18 de abril de 2012.
- Chamizo, J. A., Castillo, D. y Pacheco, I., La naturaleza de la química, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 26 de abril de 2012.
- Coştu, B. y Niaz, M. Presentation of Origin of the Covalent Bond in Turkish General Chemistry Textbooks: A History and Philosophy of Science Perspective, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 13 de abril de 2012.
- Cruz-Garritz, D., Chamizo, J.A., y Garritz, A., *Estructura atómica. Un enfoque químico*. Wilmington, DE, U.S.A.: Addison-Wesley Iberoamericana, 1986.
- Cushing, J.T., Quantum theory and explanatory discourse: Endgame for understanding, *Philosophy of Science*, **58**, 337-358, 1991.
- De Berg, K., Using the Origin of Chemical Ideas to Enhance an Understanding of the Chemistry of Air: Issues and Challenges for including mathematics in the teaching and learning of chemistry, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 11 de abril de 2012.
- Delamont, S., A paradigm shift in research on science education?, *Studies in Science Education*, **18**, 153-177, 1990.
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G., De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza. Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 23 de abril de 2012.
- Frank, J.O., y Lundsted, L., Historical materials in high-school chemistry texts, *Journal of Chemical Education*, **12**, 367-369, 1935.
- Gallego-Badillo, R., Gallego-Torres, A. P. y Pérez-Miranda, R. El Congreso de Karlsruhe. Los inicios de una comunidad científica, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 5 de abril de 2012.
- Garritz, A., Teaching the philosophical interpretations of

- quantum mechanics and quantum chemistry through controversies, *Science & Education*, **21**, 1-21, 2012 (en prensa).
- Lewis, G. N., *Valence and the structure of atoms and molecules*. New York: Chemical Catalog Co., 1923.
- Matthews, M. R., History, philosophy and science teaching: The present reapproachment, *Science & Education*, **1**, 11-47, 1992.
- Mendeleev, D., The periodic law of the chemical elements, *Journal of the Chemical Society*, **55**, 634-656, 1889 (basado en el Faraday Lecture de fecha 4 de junio, 1889).
- Moseley, H. G. J., High frequency spectra of the elements, *Philosophical Magazine*, **26**, 1025-1034, 1913.
- Niaz, M., A rational reconstruction of the origin of the covalent bond and its implications for general chemistry textbooks, *International Journal of Science Education*, **23**, 623-641, 2001.
- Niaz, M., Are we teaching science as practiced by scientists?, *American Journal of Physics*, **78**, 5-6, 2010.
- Niaz, M., *From 'science in the making' to understanding the nature of science: An overview for science educators*. New York: Routledge, 2012.
- Niaz, M., Rodríguez, M.A., y Brito, A., An appraisal of Mendeleev's contribution to the development of the periodic table, *Studies in History and Philosophy of Science*, **35**, 271-282, 2004.
- Niaz, M. y Montes, L. A., Understanding stoichiometry: Towards a history and philosophy of chemistry, *Educ. quim.*, **23**(Extraordinario 2), publicado en línea el 12 de abril de 2012.
- Ostwald, W., *Grundriss der Naturphilosophie* (2ª ed.). Leipzig: Philip Reclam, 1908.
- Pauling, L., *General Chemistry* (3rd ed.). San Francisco: Freeman, 1964.
- Reinmuth, O., Editor's outlook, *Journal of Chemical Education*, **9**, 1139-1140, 1932.
- Schwab, J. J., *The teaching of science as enquiry*. Cambridge, MA.: Harvard University Press, 1962.
- Smith, E. F., Observations on teaching the history of chemistry, *Journal of Chemical Education*, **2**, 553-555, 1925.
- Thomson, J. J., Cathode rays, *Philosophical Magazine*, **44**, 293-316, 1897.

DIRECTORIO

CONSEJO DIRECTIVO

Dr. Francisco José Barnés de Castro
Director Fundador

Dr. Jorge Manuel Vázquez Ramos
Director de la Facultad de Química,
UNAM

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario general de la UNAM

Dra. Suemi Rodríguez Romo
Directora de la Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán

Dra. Cecilia Anaya Berrios
Presidente Nacional de la Sociedad
Química de México

Director

Andoni Garritz Ruiz
(andoni@servidor.unam.mx)

Subdirectora

Gisela Hernández Millán
(ghm@servidor.unam.mx)

Editor

Arturo Villegas Rodríguez
(arturovr@gmail.com)

Consejo Editorial

Carlos Amador Bedolla
Silvia Bello Garcés
Adela Castillejos Salazar
José Antonio Chamizo

Enrique González Vergara

Hermilo Goñi

Gisela Hernández

Jorge G. Ibáñez Cornejo

Glinda Irazoque

Rafael Martínez Peniche

Ana Martínez Vázquez

María Teresa Merchand Hernández

Adolfo Obaya Valdivia

Laura Ortiz

Aarón Pérez Benítez

Clemente Reza

Alberto Rojas

Yadira Rosas

Plinio Sosa Fernández

Consejo Editorial Internacional

Marta Bulwik (Ministerio de Educación,
Argentina)

Cecilia I. Díaz V. (Panamá)

Manuel Fernández Núñez (Universidad
de Cádiz, España)

Gabriel A. Infante (Pontificia Universidad
Católica de Puerto Rico)

Mercè Izquierdo Aymerich (Universidad
Autónoma de Barcelona, Catalunya)

María Gabriela Lorenzo (Universidad de
Buenos Aires, Argentina)

Rómulo Gallego (Universidad Pedagógica
Nacional, Colombia)

Manuel Martínez Martínez (Universidad
de Santiago, Chile)

Mansoor Niaz (Universidad de Oriente,
Venezuela)

José Claudio del Pino (Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, Brasil)

Mario Quintanilla Gatica (Pontificia
Universidad Católica de Chile)

Andrés Raviolo (Universidad Nacional
del Comahue, Argentina)

Santiago Sandi-Ureña (University of South
Florida, USA)

Vicente Talanquer Artigas (University
of Arizona, USA)

Jesús Vázquez-Abad (Université de Montréal,
Canada)

Amparo Vilches (Universitat de València,
España)

Jaime Wisniak (Ben-Gurion University
of the Negev, Israel)

Lourdes Zumalacárregui (Instituto Superior
Politécnico "José Antonio Echeverría",
Cuba)

Edición electrónica

Guadalupe Rangel Esparza /
Caligrafía Digital, SC
Tel.: (55) 4352 2030
educacion.quimica@gmail.com

Asistentes coordinadores

Gabriela Araujo
Filiberto Chávez

Impresión

Formación Gráfica, SA de CV
Matamoros # 112
Col. Raúl Romero
Tel. (55) 5797 6060
57630, Edo. de México.

Grupo de Apoyo a Educación Química

Suscripciones benefactoras adquiridas
José Luis Mateos Gómez
(Fundador)

Francisco Barnés de Castro

Adela Castillejos Salazar

José María García Sáiz

Gustavo Tavizón Alvarado

Kira Padilla

Zoila Nieto Villalobos

Rodolfo Álvarez Manzo

Jesús Guzmán García

Eduardo Rojo y de Regil

Silvia Bello Garcés

María del Carmen Wachter Rodarte

Eneko Belausteguigoitia

Antonio Valiente

Plinio Sosa Fernández

José Manuel Méndez Stivalet