

¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una ‘retórica de conclusiones’?

Mansoor Niaz*

Es un honor que el profesor Mansoor Niaz haya aceptado escribir un artículo para este número de nuestra revista. En él nos hace una síntesis apretada de muchas de sus publicaciones basadas en la historia y la filosofía de la ciencia, en las que analiza la estructura y el enfoque de los libros de texto con los que contamos actualmente. Nos lanza una propuesta: “Abrir un debate entre los lectores sobre la necesidad de cambiar los textos de química y de qué manera se pueden lograr estos cambios”. Tomamos la palabra de esta provocación en nuestra editorial de este número. Esperamos que se produzca la discusión que pretendemos.

El director de la revista

Abstract

The objective of this study is to present a perspective based on the history and philosophy of science and analyze its implications for general chemistry textbooks. Analyses of different topics in the textbooks (atomic structure, elementary electrical charge, kinetic theory, covalent bond, laws of combination and periodic table) showed that majority of the textbooks do not use history and philosophy of science to facilitate conceptual understanding. Almost all textbooks used a structure of discourse that Schwab (1962) called ‘the rhetoric of conclusions’ and similarly ignored the ‘heuristic principles’ that facilitated scientific development and could help our students to conceptualize and not memorize the different topics. It is concluded that the presentation of the textbooks follows very closely the empiricist tradition and has very little to do with the nature of science that is based on a search for different factors that influence the construction of scientific theories.

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar una perspectiva basada en la historia y filosofía de la ciencia y analizar sus implicaciones para los textos de química general. Análisis de los textos en los diferentes tópicos (estructura atómica, carga eléctrica elemental, teoría cinética, enlace covalente, leyes

ponderales y tabla periódica) muestra que la mayoría de los textos no utilizan la historia y la filosofía de la ciencia para facilitar la comprensión conceptual. Casi todos los textos utilizan una estructura del discurso, que Schwab (1962) llamó ‘la retórica de conclusiones’ y asimismo ignoran los ‘principios heurísticos’ que facilitaron el desarrollo científico y podrían ayudar a los estudiantes a conceptualizar y no memorizar los diferentes tópicos. Se concluye que la presentación de los textos es muy ceñida a la tradición empirista y tiene poco que ver con la naturaleza de la ciencia que se basa en la búsqueda de los diferentes factores que inciden en la construcción de las teorías científicas.

Introducción

El objetivo primordial de los cursos introductorios universitarios (incluyendo química) debe ser la creación de un ambiente que propicie la motivación y el interés de los estudiantes por un lado y a la vez facilite la comprensión conceptual. No es muy difícil de imaginar que muy pocos cursos logran estos objetivos. Desde hace varios años (*Educación Química* ya cumplió 15 años) se vienen realizando investigaciones para mejorar la enseñanza de la química a nivel secundario y universitario. No obstante, pocos docentes se han interesado en implementar estas investigaciones en sus salones de clase. En investigaciones recientes, hemos encontrado que no sólo los docentes sino que los textos de química general tampoco son muy receptivos a los nuevos cambios que ha sugerido la investigación. El objetivo de este trabajo es de presentar una perspectiva basada en la historia y la filosofía de la ciencia y analizar sus implicaciones para los textos de química general.

Una perspectiva basada en la historia y filosofía de la ciencia

Es interesante señalar que el filósofo positivista y químico-físico Wilhelm Ostwald (1853-1932), fue quizás el primero en el siglo XX, en hacer énfasis en la importancia de la historia y la filosofía de la ciencia para los libros de texto (Ostwald, 1908, reproducido en Hauser, 1951, p. 492). Desde entonces numerosos autores han propiciado la inclusión de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia y sobre todo en los textos (Reinmuth, 1932; Brush, 1978; Siegel, 1978; Kauffman, 1989; Matthews, 1994; Jensen, 1998; Moore, 1998). Uno de los aspectos importantes de la historia y la filosofía

* Departamento de Química, Universidad de Oriente.
Apartado Postal 90, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela 6101A.
Correo electrónico: niazma@cantv.net

de la ciencia está en cómo conceptualizar la naturaleza de la ciencia, y en los actuales momentos sigue habiendo un considerable debate a este respecto (Galison, 1997; Cartwright, 1999; Giere, 1999, 2003; Koertge, 2000; van Fraassen, 2000; Hanna, 2004). Sin embargo, una revisión de la literatura reciente (McComas *et al.*, 1998; Smith y Scharman, 1999; Niaz, 2001a) en la educación en ciencia muestra que puede lograrse cierto grado de consenso, basándose en los siguientes aspectos:

1. Las teorías científicas son tentativas.
2. Las teorías no se convierten en leyes aun con evidencia empírica adicional.
3. Toda observación está impregnada de una teoría.
4. La ciencia es objetiva, sólo en cierto contexto del desarrollo científico.
5. La objetividad en las ciencias proviene de un proceso social de validación competitivo, por la evaluación crítica de los pares.
6. La ciencia no se caracteriza por su objetividad, sino por su carácter progresivo –cambios progresivos de problemática (Lakatos, 1970).
7. El progreso científico está caracterizado por conflictos, competencias, inconsistencias y controversias entre teorías rivales.
8. Los científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma.
9. Muchas de las leyes científicas son irrelevantes y en el mejor de los casos son idealizaciones.
10. No hay un método científico universal que indique los pasos a seguir.

Es importante resaltar que los consensos, así como las teorías, en la ciencia son tentativos y cada uno de estos aspectos se sigue analizando y discutiendo en el ámbito de la filosofía de la ciencia. Schwab (1962) ha sugerido la incorporación de muchos de los aspectos de la naturaleza de la ciencia dentro del salón de clases y los textos. Él estableció una distinción importante entre los aspectos metodológicos (datos empíricos) e interpretativos (principios heurísticos) del conocimiento científico. En otras palabras, el desarrollo científico no depende sólo de los experimentos (datos empíricos), tal como se cree y se enseña en la escuela, sino de la interpretación de los datos a través de los principios heurísticos. Estas interpretaciones inevitablemente generan controversias y polémicas. La concepción de Schwab con respecto al desarrollo científico se asemeja mucho a lo que los filósofos han llamado presuposiciones (Lakatos, 1970; Holton, 1978; Laudan, Laudan y Donovan, 1988; Giere, 1999). Otro aporte de Schwab (1962, p. 24) es con respecto a lo que él llamó, ‘*la retórica de conclusiones*’, como una estructura del discurso,

quiere decir que muchos autores de textos tratan de presentar lo tentativo como definitivo, sin explicar cómo se llegó a determinadas conclusiones bajo ciertas premisas, interpretaciones y evidencias. Así que, en lugar de convencer al estudiante con argumentos, los textos simplemente les presentan la opinión de alguna autoridad científica, para concluir: ‘todo el mundo cree que ésta es la verdad’. Ante esta disyuntiva los estudiantes tienen pocas alternativas y en general terminan memorizando el contenido.

Los experimentos de rayos catódicos de J.J. Thomson

En esta sección vamos a tomar los experimentos de rayos catódicos (Thomson, 1897), como ejemplo y analizar la presentación de estos experimentos en los siguientes cinco textos de química general, publicado durante un periodo de varias décadas:

La significación de estas investigaciones [rayos catódicos] consiste en que los ‘corpúsculos’, tal como los llamó Sir J.J. Thomson, fueron obtenidos libres del estorbo de los átomos y fueron reconocidos como unidades de electricidad negativa: en efecto, eran los electrones de Stony (Caven y Lander, 1939, p. 44).

Sir J.J. Thomson (1856-1940), un científico inglés, demostró que los rayos catódicos se desviaban hacia un electrodo con carga positiva, indicando que las partículas tenían carga negativa. En vista de que los rayos catódicos se originaban desde los átomos de cualquier elemento utilizado como el cátodo, era lógico concluir que las partículas eran constituyentes elementales de todos los átomos (Frey, 1965, p. 30).

En 1897, J.J. Thomson determinó por primera vez la naturaleza de los rayos catódicos; demostró que estaban constituidos por partículas muy pequeñas cargadas negativamente que se movían a grandes velocidades. En sus estudios Thomson sometió estos rayos catódicos a la acción de campos eléctricos y magnéticos (ver figura 1.4). Experimento en el que se ve que el rayo electrónico posee carga negativa, obsérvese la posición del rayo en un campo eléctrico (Serrano y Zanella, 1987, p. 13).

Un físico en Inglaterra llamado J.J. Thomson mostró... que los átomos de cualquier elemento se les puede hacer emitir pequeñas partículas negativas. (Él sabía que ellas tenían carga negativa por el hecho de que pudo demostrar que las partículas fueron repelidas por la parte negativa de un campo eléctrico). Por lo tanto, el concluyó que todo los tipos de átomos deben contener partículas negativas, que hoy día se llaman *electrones* (Zumdahl, 1990, p. 97).

En 1897 Thomson utilizó un tubo de rayos catódicos especialmente diseñado, para aplicar simultáneamente campos eléctricos y magnéticos a un haz de rayos catódicos. Al balancear los campos eléctricos y magnéticos y utilizando las leyes básicas de la electricidad y magnetismo, Thomson calculó el cociente de la masa y carga de los electrones en el haz de rayos catódicos: 5.60×10^{-9} gramos por culombio (Moore, Stanitski y Jurs, 2002, p. 43).

Es importante notar que este recorrido histórico (1939-2002) presenta una muestra bastante representativa de los textos de química general que hemos analizados en varios estudios. Aquí, es pertinente hacer las siguientes acotaciones:

- Cuatro de los cinco textos fueron publicado por editoriales de prestigio internacional;
- Uno de los textos (Serrano y Zanella, 1987) es de educación secundaria en Venezuela y demuestra hasta qué grado los textos de este nivel siguen como un patrón los textos universitarios;
- Uno de los textos (Moore *et al.*, 2002) hace referencia a la determinación del cociente de la masa y carga de los electrones en el haz de rayos catódicos. No obstante, se ignora por completo el hecho de que lo importante para Thomson (1897) era no sólo la determinación del cociente, sino el conocimiento de que al utilizar diferentes gases el valor del cociente permanecía constante o no. Este conocimiento, de acuerdo con Schwab, precisamente constituye el ‘principio heurístico’ del científico, que lo puede guiar en la interpretación de los datos experimentales.
- Los cinco ejemplos citados arriba constituyen lo que Schwab consideró una ‘*retórica de conclusiones*’. Aquí analizamos en particular la presentación de Zumdahl (1990): ‘Las partículas fueron repelidas por la parte negativa de un campo eléctrico’ lleva al autor a concluir que, ‘todos los tipos de átomos deben contener partículas negativas’. En otras palabras, no hay ningún esfuerzo para conectar la observación experimental con la conclusión. En la ausencia de un argumento lógico (principio heurístico) para conectar las dos, los estudiantes simplemente aceptan la autoridad del científico y memorizan la información.

Los textos de química general: Una perspectiva basada en la historia y la filosofía de la ciencia

Los textos de química general se dedican a presentar centenares de experimentos, y eso quizá refleja un rasgo muy importante de lo que es la química. No obstante, lo que no es comprensible es que la presentación de los textos en todos

los estudios que hemos realizado se asemeja mucho al ejemplo presentado en la sección anterior, lo que quiere decir que por un lado, ignoran los ‘principios heurísticos’ y por otro tratan de ‘distorsionar’ los hechos históricos al utilizar la ‘retórica de conclusiones’. A continuación se presenta un breve resumen de los diferentes estudios que hemos realizado (todos los textos analizados fueron publicados en los Estados Unidos, a menos que se indique lo contrario):

Estructura atómica

Los modelos atómicos de Thomson, Rutherford y Bohr ya no son válidos y aún así constituyen una parte importante de los textos de química general en casi todos los países. Esto precisamente se convierte en un dilema –buena parte de los cursos/textos de química general tratan la historia de la química y a la vez se ignora el hecho que toda historia es una interpretación basada en alguna escuela filosófica–. La corriente filosófica que domina en casi todos los textos es la del empirismo (resaltar la parte experimental) y se ubica dentro del positivismo. En un estudio basado en 23 textos de química general (Niaz, 1998), publicados entre 1970-1992, se encontró que ninguno de los textos presentó los modelos atómicos ajustándose completamente a la perspectiva basada en la historia y la filosofía de la ciencia (HFC). En un estudio posterior (Rodríguez y Niaz, 2002) se analizaron los textos publicados entre 1929-1967, y se encontraron resultados muy parecidos. Recientemente, Páez, Rodríguez y Niaz (2004) encontraron que los textos de química utilizados en la educación secundaria venezolana siguen a los textos universitarios como patrón. En este contexto, es interesante señalar que los textos de física general también siguen el mismo patrón (cf. Rodríguez y Niaz, 2004a). No obstante, un texto de física (Cooper, 1970) presentó los modelos atómicos ajustándose a la HFC, y puede constituir un buen ejemplo para los futuros autores de textos.

Determinación de la carga eléctrica elemental (el electrón)

La determinación de la carga del electrón por R.A. Millikan, a través del experimento de la gota de aceite, es un buen ejemplo de que los experimentos son importantes, pero sus interpretaciones lo son, aún más. Mucho de los textos señalan que a través de un experimento preciso y ‘bello’ Millikan determinó la carga del electrón. Casi todos los textos (Niaz, 2000a) ignoran que existió una fuerte controversia entre Millikan (Universidad de Chicago) y F. Ehrenhaft (Universidad de Viena) que se mantuvo durante varios años (1910-25). Tanto Millikan como Ehrenhaft obtuvieron resultados experimentales similares y a pesar de esto, Millikan postuló la existencia de la carga eléctrica fundamental (electrón) mientras que, por el contrario, Ehrenhaft postuló la exis-

tencia de cargas fraccionales (sub-electrons). Éste es el clásico ejemplo de cómo un mismo experimento realizado por diferentes científicos produciendo resultados similares, da lugar a interpretaciones distintas. La controversia se aclaró un poco cuando, después de muchos años, Holton (1978) revisó los cuadernos originales de Millikan (conservados en CALTECH, Pasadena) y encontró que en algunos casos fueron desechados datos basados sobre casi 59% de las gotas estudiadas, para poder ajustar el valor de la carga elemental a las presuposiciones de Millikan.

En este contexto surge una interrogante: ¿Cómo presentarían el experimento de la gota de aceite los textos de física general? Nuestro trabajo (Rodríguez y Niaz, 2004b) mostró que los textos de física, igual que los de química, simplemente ignoran no sólo la controversia con Ehrenhaft sino las dificultades enfrentadas en la realización del experimento. Nuestra inquietud sobre este tema nos llevó a analizar los textos avanzados de química física y los resultados (Niaz y Rodríguez, 2005) de nuevo muestran que el tratamiento del experimento es muy similar a los textos de química general. Esto genera una interrogante: ¿Cuándo es que un profesional de química se entera de la manera como se desarrolló su disciplina? Parece que estos aspectos no son necesarios para graduarse de químico. En otras palabras, nuestros profesionales tienen una visión muy limitada de su profesión. Es interesante notar que el experimento de la gota de aceite sigue siendo un tema de discusión en la literatura de la filosofía de la ciencia (Niaz, 2005).

Teoría cinética

Éste es otro tema para cuya presentación en los textos se requiere de los antecedentes históricos. Dada la importancia de las suposiciones para sustentar el marco teórico, como una metodología para ayudar a los científicos a construir una serie de teorías sucesivas, merece señalarse que de los 22 textos de química general analizados, 17 simplemente mencionan en una palabra que los postulados de Maxwell fueron suposiciones, mientras que sólo tres textos describen satisfactoriamente las suposiciones que guiaron a Maxwell (Niaz, 2000b). Asimismo, 19 textos ignoraron los antecedentes históricos que dieron lugar a la rivalidad entre los programas de investigación de la teoría cinética y la termodinámica química. De nuevo, es importante notar que los textos de física general no son muy diferentes (Rodríguez y Niaz, 2004c).

Enlace covalente

La idea de compartir electrones (enlace covalente), produjo grandes dificultades conceptuales para los científicos, en vista de que tuvo que competir con el paradigma dominante del enlace iónico, avalado por J.J. Thomson. Lewis (1916) fue

el primero en postular un modelo satisfactorio del enlace covalente, basado en el átomo cúbico. Posteriormente, Lewis reconoce que la estructura cúbica no puede representar el triple enlace y sugiere reemplazarlo por el átomo tetraédrico. La rivalidad entre los seguidores del enlace iónico (paradigma dominante) y el enlace covalente (paradigma emergente) duró hasta alrededor de 1920. El origen controversial del enlace covalente y su rivalidad con el enlace iónico ofrece una buena oportunidad para ilustrar cómo el progreso científico está basado en controversias y resulta muy difícil cambiar las teorías o formas de pensamiento ya establecidas, y que las teorías científicas son tentativas. De los 27 textos de química general analizados, casi todos ignoran estos aspectos del origen del enlace covalente (Niaz, 2001b). En lugar de facilitar la comprensión conceptual, la mayoría de los textos tratan de simplificar el tópico al presentar reglas para escribir los diagramas de Lewis para enlaces covalentes, que son memorizadas por los estudiantes. Un trabajo reciente discute los antecedentes históricos del concepto de valencia y sus implicaciones para los textos de química (Chamizo y Gutiérrez, 2004).

Las leyes ponderales de las proporciones definidas y múltiples

Contrariamente a la tesis de los empiristas, la ley de proporciones múltiples no fue inducida a partir de datos experimentales, sino derivada de la teoría atómica de Dalton. La mayoría de los textos de química general no presentan las leyes de las proporciones definidas y múltiples desde una perspectiva de la historia y la filosofía de la ciencia, ignorando el origen histórico y controversial de estas leyes (Niaz, 2001c). De nuevo se encontró que los textos de química de nivel secundario en Venezuela siguen a los textos universitarios como un patrón (Páez, Rodríguez y Niaz, 2002).

La tabla periódica

El estudio de la tabla periódica es quizás el mejor ejemplo de que la historia de la química juega un papel crucial en su enseñanza. Muchos de los estudiantes habrá reflexionado con respecto al origen de la tabla periódica y cómo un simple arreglo de los elementos en orden ascendente de su masa atómica pudo arrojar resultados tan importantes. Los textos, en general, tratan de conceptualizar la tabla periódica como una generalización inductiva y que Mendeleev carecía de un marco teórico, y por lo tanto, el desarrollo de la tabla fue un hecho fortuito. Un estudio (Brito, Rodríguez y Niaz, 2005) reciente concluyó que la inclusión de los siguientes aspectos en los textos puede facilitar mayor comprensión conceptual de los estudiantes:

- a) La importancia de la acomodación de los elementos en la tabla periódica;

- b) El papel de las predicciones como una evidencia para apoyar la ley periódica;
- c) La importancia relativa de la acomodación y predicción en el desarrollo de la tabla;
- d) Cómo el marco teórico de Mendeleev facilitó la corrección de las masas atómicas;
- e) Explicación de la periodicidad en la tabla se debe a la teoría atómica;
- f) Discusión de la naturaleza de la contribución de Mendeleev: ¿teoría o una ley empírica?
- g) Desarrollo de la tabla periódica como una secuencia progresiva de principios heurísticos: Teoría atómica de Dalton → acumulación de datos con respecto a los elementos y sus propiedades → Primeros intentos de elaborar la tabla comenzando con Döbereiner en 1817 → La primera tabla de Mendeleev en 1869 → Descubrimiento del argón y su ubicación en la tabla en 1895 → Contribuciones de Moseley en 1913 para utilizar el número atómico como base de la tabla.

Conclusión

Un análisis de los textos de química general en los diferentes tópicos (estructura atómica, carga eléctrica elemental, teoría cinética, enlace covalente, leyes ponderales y tabla periódica) muestra que la mayoría de los textos no utilizan la historia y la filosofía de la ciencia para facilitar la comprensión conceptual. Casi todos los textos utilizan una estructura del discurso, que Schwab (1962) llamó 'la retórica de conclusiones'. Es importante notar que dos editores de la revista *Journal of Chemical Education* (Reinmuth, 1932; Moore, 1998) han reconocido la importancia de la historia de la química en términos muy parecidos. No obstante, hay un periodo de 66 años entre los dos editoriales y mientras tanto los textos han seguido con la retórica tradicional.

Los textos ignoran los 'principios heurísticos' que facilitaron el desarrollo científico y, en cierta medida, podrían ayudar a los estudiantes a conceptualizar y no memorizar los diferentes tópicos. Dado el estado actual de nuestros textos, no es sorprendente que la química sea percibida como una asignatura difícil. El hecho de que los textos a nivel secundario siguen a los textos universitarios como patrón, hace que el problema sea aún más complejo.

En este contexto sería interesante abordar la interrogante, ¿por qué los textos no cambian y siguen con la retórica de conclusiones? La respuesta no es fácil y tampoco es nuestra pretensión conocer por completo la compleja realidad que nos rodea. No obstante, dada la importancia del tema es bueno abrir una discusión. En nuestra opinión, tanto los docentes como los autores de los textos enseñan la química tal como ellos la estudiaron. Esta enseñanza es muy ceñida a la tradición empirista y tiene muy poco que ver con

la naturaleza de la ciencia (esbozada al comienzo de este trabajo) que se basa en la búsqueda de los diferentes factores que inciden en la construcción de las teorías científicas. La perspectiva basada en la historia y la filosofía de la ciencia trata de ceñirse a los hechos históricos (incluyendo interpretaciones contrarias), siendo por lo tanto una expresión más fidedigna del desarrollo científico. Al contrario, la perspectiva de los textos de ciencias (incluyendo química), muchas veces llega a 'distorsionar' estos hechos.

Finalmente, le sugiero al Director de *Educación Química* abrir un debate entre los lectores, si le parece pertinente, sobre la necesidad de cambiar los textos de química y de qué manera se pueden lograr estos cambios. ■

Referencias

- Brito, A., Rodríguez, M.A., 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., Why chemistry needs history – and how it can get some, *Journal of College Science Teaching*, **7**, 288-291, 1978.
- Cartwright, N. *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- Caven, R.M., Lander, G.D., *Systematic Inorganic Chemistry*, 6th ed., Blackie & Son Limited, London, 1939.
- Chamizo, J.A., Gutiérrez, M.Y., Conceptos fundamentales en química I. Valencia, *Educación Química*, **15**, 359-365, 2004.
- Cooper, L.N., *An Introduction to the Meaning and Structure of Physics* (short edition), Harper and Row, New York, 1970.
- Frey, P.R., *College Chemistry*, 3 ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1965.
- Galison, P., *Image and Logic*, University of Chicago Press, Chicago, 1997.
- Giere, R.N., *Science without Laws*, University of Chicago Press, Chicago, 1999.
- Giere, R.N. A new program for philosophy of science? *Philosophy of Science*, **70**, 15-21, 2003.
- Hanna, J.F., The scope and limits of scientific objectivity, *Philosophy of Science*, **71**, 339-361, 2004.
- Hauser, E. A., The lack of natural philosophy in our education, *Journal of Chemical Education*, **28**, 492-494, 1951.
- Holton, G., Subelectrons, presuppositions and the Millikan-Ehrenhaft dispute, *Historical Studies in the Physical Sciences*, **9**, 161-224, 1978.
- Jensen, W.B., Logic, history and the chemistry textbook, *Journal of Chemical Education*, **75**, 817-828, 1998.
- Kauffman, G.B., History in the chemistry curriculum, *Interchange*, **20**, 81-94, 1989.
- Koertge, N. 'New age' philosophies of science: Constructi-

- vism, feminism and postmodernism, *British Journal for the Philosophy of Science*, **51**, 667-683, 2000.
- Lakatos, I., Falsification and the methodology of scientific research programmes, en *Criticism and the Growth of Knowledge*, Lakatos, I., y Musgrave, A. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1970, p. 91-195.
- Laudan, R., Laudan, L., y Donovan, A., Testing theories of scientific change, en *Scrutinizing Science: Empirical Studies of Scientific Change*, Donovan, A., Laudan, L., y Laudan, R. (eds.), Kluwer, Dordrecht, Holanda, 1988, p. 3-44.
- Lewis, G.N., The atom and the molecule, *Journal of the American Chemical Society*, **38**, 1448-1455, 1916.
- Matthews, M.R., *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge, New York, 1994.
- McComas, W.F., Almazroa, H., Clough, M.P., The role and character of nature of science in science education, *Science and Education*, **7**, 511-532, 1998.
- Moore, J.W., Editorial: History, chemistry and a longer view, *Journal of Chemical Education*, **75**, 1199, 1998.
- Moore, J.W., Stanitski, C.L., Jurs, P.C., *Chemistry: The Molecular Science*, Harcourt College, Orlando, FL, 2002.
- Niaz, M., From cathode rays to alpha particles to quantum of action: A rational reconstruction of structure of the atom and its implications for chemistry textbooks, *Science Education*, **82**, 527-552, 1998.
- Niaz, M., The oil drop experiment: A rational reconstruction of the Millikan-Ehrenhaft controversy and its implications for chemistry textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, **37**, 480-508, 2000a.
- Niaz, M., A rational reconstruction of the kinetic molecular theory of gases based on history and philosophy of science and its implications for chemistry textbooks, *Instructional Science*, **28**, 23-50, 2000b.
- Niaz, M., Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles, *Science Education*, **85**, 684-690, 2001a.
- 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, 2001b.
- Niaz, M., How important are the laws of definite and multiple proportions in chemistry and teaching chemistry? -- A history and philosophy of science perspective, *Science and Education*, **10**, 243-266, 2001c.
- Niaz, M., An appraisal of the controversial nature of the oil drop experiment: Is closure possible? *British Journal for the Philosophy of Science*, **56**, 2005, en prensa.
- Niaz, M., Rodríguez, M.A., The oil drop experiment: Do physical chemistry textbooks refer to its controversial nature? *Science and Education*, **14**, 2005, 43-57.
- Ostwald, W., *Grundriss der Naturphilosophie*, 2 ed., Philip Reclam, Leipzig, 1908.
- Páez, Y., Rodríguez, M.A., Niaz, M., La teoría atómica de Dalton desde la perspectiva de la nueva filosofía de la ciencia: Un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato, *Paradigma*, **23**, 97-122, 2002.
- Páez, Y., Rodríguez, M.A., Niaz, M., Los modelos atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: Un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato, *Investigación y Postgrado*, **19**, 2004, 51-57.
- Reinmuth, O., Editor's outlook, *Journal of Chemical Education*, **9**, 1139-1140, 1932.
- Rodríguez, M.A., Niaz, M., How in spite of the rhetoric, history of chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks, *Science and Education*, **11**, 423-441, 2002.
- Rodríguez, M.A., Niaz, M., A reconstruction of structure of the atom and its implications for general physics textbooks: A history and philosophy of science perspective, *Journal of Science Education and Technology*, **13**, 409-424, 2004a.
- Rodríguez, M.A., Niaz, M., The oil drop experiment: An illustration of scientific research methodology and its implications for physics textbooks, *Instructional Science*, **32**, 357-386, 2004b.
- Rodríguez, M.A., Niaz, M., La teoría cinético-molecular de los gases en libros de física: Una perspectiva basada en la historia y filosofía de la ciencia, *Revista de Educación en Ciencias*, **5**, 68-72, 2004c.
- Schwab, J.J., *The Teaching of Science as Enquiry*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1962.
- Serrano, M., Zanella, J., *Química: Primer año de Ciencias*, Editorial Larense, Caracas, 1987.
- Siegel, H., Kuhn and Schwab on science texts and the goals of science education, *Educational Theory*, **28**, 302-309, 1978.
- Smith, M.U., Scharmann, L.C., Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators, *Science Education*, **83**, 493-509, 1999.
- Thomson, J.J., Cathode rays, *Philosophical Magazine*, **44**, 293-316, 1897.
- Van Fraassen, B.C., The false hopes of traditional epistemology, *Philosophical and Phenomenological Research*, **LX**, 253-280, 2000.
- Zumdahl, S.S., *Introductory Chemistry*, Heath, Lexington, MA, 1990.