

Naturaleza, historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de noveno grado en Venezuela

Nature, history and philosophy of science: an analysis of the image reflected by ninth grade chemistry textbooks in Venezuela

YSMANDI PÁEZ¹, MANSOOR NIAZ²

¹Unidad Educativa 'Bachiller Castro Machado', Cumaná, Estado Sucre, Venezuela

²Departamento de Química, Universidad de Oriente, Apartado Postal 90, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela, niazma@cantv.net

Resumen

Los estudios recientes indican que los textos universitarios de química general reflejan un enfoque de la evolución de la ciencia que contradice los eventos históricos. El objetivo de la presente investigación es evaluar la imagen de la naturaleza de la ciencia en una muestra de 16 textos de química de noveno grado de educación básica, utilizado en Venezuela y su grado de concordancia con el enfoque actual de la historia y la filosofía de la ciencia. Ocho criterios que reflejan el punto de vista actual de la filosofía de la ciencia fueron construidos para evaluar cualitativamente, el enfoque de los textos con respecto a la naturaleza de la ciencia. Los resultados muestran que los textos analizados reflejan un enfoque positivista e ignoran aspectos tan importantes como: el conocimiento científico es tentativo, el mito del método científico, dicotomía entre leyes y teorías, el papel de los principios heurísticos, las observaciones están impregnadas de teoría, como los conflictos, rivalidades y controversias son importantes para el desarrollo científico. Se concluye que la imagen de la ciencia reflejada por los textos no se corresponde con el enfoque actual de la filosofía de la ciencia.

Palabras clave: naturaleza, historia, filosofía, ciencia, textos, química.

Abstract

Recent studies show that university level general chemistry textbooks reflect a perspective of the evolution of science that contradicts historical events. The main objective of this research is to evaluate the image of nature of science presented by 16 ninth grade Venezuelan chemistry textbooks and the degree to which they coincide with the present day perspective of history and philosophy of science. Eight criteria that reflect present views with respect to philosophy of science were constructed to evaluate qualitatively the nature of science perspective of the textbooks. Results obtained show that textbooks reflect the positivist perspective and ignore important aspects such as: scientific knowledge is tentative, myth of scientific method, dichotomy between laws and theories, role of heuristic principles, observations are theory laden, conflicts, rivalries and controversies are important for scientific development. It is concluded that image of

science presented does not correspond to present day perspective of philosophy of science.

Key words: chemistry textbooks, history, philosophy, science, nature.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el debate sobre la naturaleza de la ciencia ha sido uno de los más polémicos en el campo de la investigación de la enseñanza de las ciencias. Los estudios realizados reflejan una gran inquietud por las ideas que mantienen los estudiantes y docentes sobre la naturaleza de la ciencia. Las cuestiones que más se discuten son: ¿Qué es la ciencia? ¿Cómo evoluciona el conocimiento que integra el cuerpo de la ciencia? ¿Cómo se debe abordar la historia de la ciencia en el aula de clase? (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000; ALTERS, 1997; BLANCO y NIAZ, 1997; EFLIN *et al.*, 1999; HODSON, 1988; IRWIN, 2000; LEDERMAN, 1992; MATTHEWS, 1998; MCCOMAS, *et al.*, 1998; NIAZ, 2001a; SMITH & SCHARMANN, 1999). Durante el siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, el positivismo fue la filosofía dominante en el campo de la ciencia. Sus criterios sobre el conocimiento científico tuvieron una enorme influencia en el área educativa, para definir cómo debía enseñarse la naturaleza de la ciencia. Para el positivismo, el mundo consiste en hechos positivos y reales y fenómenos observables, por lo tanto, el conocimiento científico existe sólo en la descripción de estos fenómenos (NIAZ, 1994). De acuerdo con CARNAP (1891-1970), uno de los defensores más destacados del positivismo lógico, el aspecto empírico (inductivista) es lo más importante de la ciencia y un término científico no tiene significación si no se refiere a un elemento de la experiencia. Esta concepción ignora el papel de las ideas y de las hipótesis generadas por la mente humana como fuente de todo lo demás (observación y experimentación), el papel de la coherencia

interna en el cuerpo de la ciencia y, sobre todo, se basa en la falacia de la validez lógica del principio de inducción (VÁSQUEZ & MANASSERO, 1999), lo cual ha sido demostrado y criticado ampliamente por POPPER (1977) y LAKATOS (1970), entre otros.

A mediados del siglo XX, la influencia del positivismo en la enseñanza de las ciencias comenzó a ser cuestionada ante la emergencia de nuevas ideas en el campo de la filosofía de la ciencia. FEYERABEND (1975), HANSON (1958), KUHN (1970), LAKATOS (1970), y POPPER (1977) hicieron fuertes críticas al enfoque positivista de la naturaleza de la ciencia, generando una nueva visión de la historia de la ciencia y, por tanto, de su naturaleza. Un aporte importante lo hace VON GLASERSFELD (1989) cuando señala que en la construcción del conocimiento científico, nuestras observaciones dependen en parte de lo que ha sido la formación, experiencias y expectativas del observador y, por lo tanto, las mismas no pueden ser tan objetivas, debido a que están impregnadas por el marco teórico del investigador. Esta afirmación deja al descubierto una de las grandes fallas de la filosofía positivista: el supuesto que el conocimiento existe sin la interacción de un ser cognoscente (NIAZ, 1994). Esto representa una perspectiva muy distinta del origen del conocimiento científico, con importantes implicaciones para la enseñanza, y en la alarmante cifra de analfabetismo científico (MATTHEWS, 1994).

Uno de los aspectos más novedoso que plantea la nueva filosofía de la ciencia es la metodología de los programas de investigación científica (LAKATOS, 1970), la cual concibe el crecimiento de la ciencia en términos de cambios progresivos y regresivos de problemática para una serie de teorías científicas. Para LAKATOS: un programa de investigación consiste, esencialmente, en un núcleo o centro firme, constituido por el núcleo esencial de la teoría, que incluye los supuestos fundamentales, considerados irrefutables. El núcleo firme es convencionalmente aceptado como irrefutable por decisión provisoria de los seguidores de la teoría (LAKATOS, 1970).

Hace más de 30 años KUHN (1970) enfatizó la importancia de los textos de ciencias para facilitar la comprensión de la naturaleza de ciencia. Recientes estudios han analizado la forma como los textos universitarios de química general, reflejan la naturaleza de la ciencia y los procesos históricos que conducen a la elaboración del conocimiento científico (BRITO *et al.*, 2005; CHIAPPETTA *et al.*, 1993; MALAVER *et al.*, 2004; NIAZ 1998, 2000a, b, 2001a, b). La mayoría de los textos analizados presentan una interpretación positivista / inductivista de la evolución de la química que contradice los eventos históricos, tal como ocurrieron. Es decir, la ciencia no se desarrolló en forma rectilínea (acumulación de conocimiento comprobado por los datos experimentales), sino a través de la competencia entre teorías rivales, generando conflictos que conducían a un aumento cada vez mayor del poder heurístico / explicativo de las teorías. NIAZ (1998) señala que la mayoría de los textos universitarios de química general ignoran los aspectos históricos y los argumentos racionales que permitieron a J.J. THOMSON diseñar los experimentos para identificar la existencia de los electrones como partículas universales. En cambio, los textos simplemente resaltan los hechos experimentales como la fuente del conocimiento. Estudios previos que han analizado textos de química de bachillerato publicado en Venezuela, reportaron resultados similares en temas relacionados con la teoría de DALTON y los modelos atómicos (PÁEZ *et al.*, 2002, 2004).

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de este trabajo de investigación es analizar en qué grado el enfoque de la naturaleza e historia de la ciencia, presentado por los textos de química de noveno grado (publicado en Venezuela), concuerda con el enfoque de la nueva filosofía de la ciencia. Para alcanzar este propósito se construyeron ocho criterios que reflejan el punto de vista actual de filósofos, investigadores y docentes sobre la naturaleza y evolución histórica del conocimiento científico.

MÉTODO

La evaluación del tópico “Naturaleza de la ciencia” se hará en el capítulo inicial de una muestra de 16 textos de química de noveno grado. La evaluación de los textos se hará mediante una serie de criterios basados en una revisión crítica de la literatura (véase Introducción), que reflejan el punto de vista de la nueva filosofía de la ciencia sobre la naturaleza de la ciencia.

Elaboración de los criterios

Partiendo de las características de la naturaleza de la ciencia, se han construido ocho criterios para evaluar el enfoque de los textos con respecto

a la naturaleza de la ciencia (NC). Los textos deben reflejar explícitamente los siguientes aspectos de la NC:

NC₁: *El conocimiento científico es una explicación tentativa de los fenómenos naturales.* La ciencia no es un cuerpo inalterable, rígido, de verdades absolutas. El conocimiento científico evoluciona en el tiempo, las viejas teorías son modificadas o descartadas a la luz de nuevas evidencias. Entre otras este criterio está basado en: EFLIN, *et al.*, 1999; LAKATOS, 1970; Mc COMAS *et al.*, 1998.

NC₂: *La construcción del conocimiento científico es compleja.* Esta construcción se basa en la observación, la evidencia experimental, la curiosidad, la creatividad y el poder de imaginación y a veces por la intervención de la casualidad. Entre otras este criterio está basado en: IRWIN, 2000; Mc COMAS *et al.*, 1998; VÁSQUEZ, *et al.*, 1999).

NC₃: *El mito del método científico:* No existe un método científico universal que se puede seguir a través de las diferentes etapas. El método se adapta al problema a investigar y no es una receta que seguida al pie de la letra, permita llegar a resultados seguros. Más bien es un conjunto de supuestos y valores aceptados por la comunidad científica. Entre otras este criterio está basado en: EFLIN *et al.*, 1999; FEYERABEND, 1975; LAKATOS, 1970; Mc COMAS *et al.*, 1998; MILLAR & DRIVER, 1987; VÁSQUEZ *et al.*, 1999).

NC₄: *La dicotomía entre leyes y teorías.* Leyes y teorías son construcciones de la mente humana para explicar / entender los fenómenos en la naturaleza. En la práctica no hay diferencias entre ambas. La afirmación de una teoría se convierte en ley y/o viceversa después de sucesivas verificaciones, es un mito del positivismo. Entre otras este criterio está basado en: BLANCO & NIAZ, 1997, 1998; LAKATOS, 1970; McCOMAS *et al.*, 1998; Niaz, 1998, 2000a, y 2001b.

NC₅: *Los principios heurísticos o explicativos.* Éstos orientan el proceso de construcción del conocimiento científico, dado que permiten al científico diseñar experimentos e interpretar los resultados. Por ejemplo, en el caso del modelo atómico de J.J. THOMSON, el principio heurístico consiste en enfatizar la importancia de la polémica sobre la naturaleza de los rayos catódicos (ondas en el éter o partículas universales con carga), en el diseño de experimentos para obtener datos que permitieron a THOMSON postular su modelo atómico. Entre otras este criterio está basado en: LAKATOS, 1970; MATTHEWS, 1994; NIAZ, 1998, 2000a, 2001b; SCHWAB, 1962.

NC₆: *Las observaciones están impregnadas de teoría.* Dos investigadores pueden interpretar la misma observación con enfoques completamente diferentes, debido a las influencias ejercidas por el marco teórico de cada uno y por el entorno social, cultural e histórico donde se desenvuelven. Compare la diferencia entre lo observado por KEPLER y TYCHO al mirar el amanecer. KEPLER consideraba el sol como fijo y la tierra en movimiento. TYCHO, al contrario, creía que la tierra estaba fija y el sol estaba en movimiento a su alrededor. Dado que los marcos teóricos de KEPLER & TYCHO eran diferentes, es obvio que los dos podrían haber observado el mismo objeto físico, pero la conceptualización o “construcción” de la realidad de cada uno era diferente. Entre otras este criterio está basado en: HANSON, 1958; KUHN, 1970; LAKATOS, 1970; NIAZ, 1994, 1998, 1999, 2000a.

NC₇: *La ciencia y la tecnología se influyen mutuamente.* La aplicación del conocimiento científico puede generar soluciones tecnológicas (instrumentos, equipos, sustancias) para resolver problemas sociales y ambientales, pero estas soluciones tecnológicas pueden a su vez ocasionar, de manera no intencionada, nuevas situaciones problemáticas, las cuales conducen a un nuevo ciclo de investigación científica y de nuevas tecnologías. Entre otras este criterio está basado en: IRWIN, 2000; McCOMAS *et al.*, 1998.

NC₈: *La ciencia avanza a través de conflictos, rivalidades y controversias entre los protagonistas.* El avance de la ciencia se debe a la competencia entre programas de investigación rivales que chocan en la fase de la evidencia, las polémicas entre los partidarios de teorías rivales, y el escepticismo. Por el contrario, el punto de vista positivista enfatiza un crecimiento acumulativo de la ciencia, esto es, una teoría se convierte en ley tras sucesivas verificaciones. Entre otras este criterio está basado en: LAKATOS 1970; NIAZ, 1998; SILVEIRA, 1997.

Escala cualitativa para evaluar el grado de concordancia de los textos con los criterios de la naturaleza de la ciencia.

Esta escala ya ha sido utilizada en estudios previos (NIAZ, 1998; 2000a, b; 2001b; PAEZ *et al.*, 2002, 2004) para evaluar textos de química general a nivel universitario y de bachillerato. La escala utiliza los siguientes parámetros:

Satisfactorio (S): Las características de la ciencia abarcada por cada uno de los criterios son explicadas en forma detallada por el texto en uno o más párrafos.

Mención (M): El texto se limita a mencionar las características de la ciencia abarcada por cada criterio sin profundizar en los detalles.

No menciona (N): El texto no hace mención de las características de la ciencia abarcadas por cada criterio. Cuando el texto no trate el tema de la Naturaleza de la ciencia, se indicará dicha omisión con un guión (-).

Validación de los criterios

La validación de los criterios se hizo en tres etapas: Etapa 1, los dos autores aplicaron los criterios a una muestra, seleccionada al azar, de tres textos. Las divergencias surgidas se resolvieron mediante discusión hasta alcanzar un consenso. Etapa 2, el primer autor del trabajo aplicó los criterios para evaluar el resto de los textos, y su posterior discusión entre los dos autores. Etapa 3, con la experiencia adquirida en las primeras dos etapas, los dos autores evaluaron la totalidad de los 16 textos de nuevo. Las divergencias que surgieron se resolvieron de nuevo mediante discusión hasta alcanzar un consenso.

ANÁLISIS DE LOS TEXTOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la evaluación de los 16 textos de noveno grado aplicando los ocho criterios sobre la naturaleza de la ciencia se muestran en la tabla 1. A excepción del criterio número 7 (NC₇), la mayoría de los textos no describen satisfactoriamente (S) ni mencionan (M) los aspectos abarcados por cada uno de los criterios. El enfoque positivista predomina en todo momento debido a que los textos enfatizan la importancia del método científico experimental como la única vía lógica para probar las hipótesis, que luego se convertirán en leyes y teorías.

TABLA 1
Evaluación de los textos de noveno grado (N = 16)
aplicando los criterios de la naturaleza de la ciencia (NC)

N	Textos de noveno grado	NC ₁	NC ₂	NC ₃	NC ₄	NC ₅	NC ₆	NC ₇	NC ₈
1.	Basurco (1975)	N	N	N	N	N	N	N	N
2.	Burk y Soto (1972)	N	S	N	N	N	N	M	N
3.	Caballero y Ramos (1989)	N	N	N	N	N	N	M	N
4.	Fernández y López (1993)	N	M	S	N	N	N	N	N
5.	Flores (1997)	M	N	N	N	N	N	S	N
6.	González y González (1996)	N	N	N	N	N	N	S	N
7.	Irazabal (1989)	N	M	N	N	N	N	S	N
8.	Isla (1988)	S	N	N	N	N	N	M	N
9.	Ministerio de Educación (1980)	N	N	N	N	N	N	N	N
10.	Moreno (1988)	N	N	N	N	N	N	M	N
11.	Noriega <i>et al.</i> (1979)	M	N	N	N	N	N	S	N
12.	Requeijo y Requeijo (1995)	-	-	-	-	-	-	-	-
13.	Rodríguez (1993)	N	N	N	N	N	N	N	N
14.	Rodríguez (1988)	S	M	M	N	N	N	S	N
15.	Sosa y Rívero (1995)	-	-	-	-	-	-	-	-
16.	Suárez (1994)	N	N	N	N	N	N	N	N

Notación: NC = Naturaleza de la ciencia; S = Satisfactorio; M = Mención; N = No menciona; (-) = El texto no trata el tema.

Criterio (NC₁) se refiere al carácter tentativo del conocimiento científico. La tabla 1 muestra que sólo 2 textos cumplen satisfactoriamente (S) con este criterio. RODRÍGUEZ (1988) enfatiza de manera satisfactoria (S) el carácter tentativo del conocimiento científico:

“Las teorías y los modelos cambian si los nuevos hechos así lo exigen. Así, por ejemplo, durante algún tiempo se aceptaba la concepción del átomo como un sistema solar en miniatura. Este modelo permitía ofrecer una imagen de los electrones girando alrededor del núcleo como lo hacen los planetas con relación al sol. Pero al descubrirse nuevos hechos sobre el comportamiento del electrón, fue necesario abandonar este modelo y tratar de encontrar otro más adecuado.... La mayoría de las teorías científicas están cambiando continuamente, a medida que se efectúan nuevos experimentos y se descubren nuevos hechos” (p. 20).

Criterio (NC₂) señala que la construcción del conocimiento científico se basa en la observación, la evidencia experimental, la curiosidad, la

creatividad y el poder de imaginación, y en muchos casos, por la intervención de la casualidad. Un solo texto (BURK y SOTO, 1972) reconoce de manera satisfactoria (S) los aspectos del criterio:

“LAVOISIER tuvo que proyectar, a fuerza de imaginación creadora, los instrumentos, aparatos y operaciones de laboratorio que habían de confirmar (o de falsificar) sus suposiciones bien pensadas y razonadas” (p. 9).

“El hombre sólo entiende bien lo que sabe hacer. Lo que ha aprendido a hacer. Aprender una ciencia, es adquirir conductas nuevas, es aprender a pensar la ciencia, en primer lugar. En el comienzo de toda investigación científica está el pensar en forma de imaginación, proyectos, esquemas mentales o diseños ideales de lo que se va a hacer para obtener la información deseada. Cuando el científico está en el laboratorio y dispone los aparatos e instrumentos, no hace más que realizar sus esquemas mentales, previamente pensados y hasta calculados... La química como toda ciencia, es conceptual y experimental a la vez” (pp. 11-12).

Esta evidente contradicción en las concepciones de los autores de textos sobre la naturaleza de la ciencia es una constante en muchos de los textos analizados y han sido explicadas en diversas investigaciones como una transición Lakatosiana en la forma de concebir la evolución del conocimiento científico (BLANCO & NIAZ, 1997, 1998). Siguiendo con el análisis, se observa que sólo tres textos mencionan (M) los aspectos del criterio NC₂.

Criterio (NC₃) refleja el enfoque actual de la filosofía de la ciencia sobre el método científico. Los resultados muestran que solamente un texto (FERNÁNDEZ & LÓPEZ, 1993), describe satisfactoriamente (S) los aspectos del criterio:

“Pero el método científico no es un método, en el sentido de un procedimiento único, no es una receta infalible para los descubrimientos. Es más bien una orientación, según la cual se pueden deducir conceptos generales.... tan general es el método, que puede ser empleado fructíferamente por científicos de todas las especialidades. El que lo practica, puede ser de los que parece que siempre está levantando piedras, para ver lo que hay debajo y rompiendo cosas para contar y catalogar lo que hay en su interior. O bien puede ser como un Newton o un Einstein, alguien que parece un soñador, que no trabaja con hechos sino con ideas... El gran triunfo del método científico es el de permitir que estos dos extremos del talento, los que recogen datos y los que construyen teorías se complementen el uno al otro” (p. 9).

Un solo texto (RODRÍGUEZ, 1988), menciona (M) los aspectos del criterio NC₃, sin dar detalles. Un total de 12 de 16 textos no mencionan (N) los aspectos del criterio NC₃, limitándose a presentar el método científico como una receta infalible para alcanzar el conocimiento. Algunos textos presentan el diagrama de flujo para ilustrar la importancia del método científico (por ejemplo, Flores, 1997, p. 11).

Criterio (NC₄) señala que, de acuerdo con la nueva filosofía de la ciencia, la dicotomía entre leyes y teorías no existe. Según la tabla 1, ninguno de los 16 textos analizados describe satisfactoriamente (S) ni menciona (M) los aspectos señalados por este criterio, reflejando así una influencia de la filosofía positivista, la cual enfatiza una clara diferencia entre leyes y teorías. La dicotomía entre leyes y teorías, uno de los aspectos más preocupantes de la enseñanza de la ciencia (BLANCO & NIAZ, 1997, 1998), se confirma en la presentación de MORENO (1988):

“Si todas las evidencias tienden a mantener la hipótesis, el científico forma una teoría basada en sus datos. Cuando han sido recolectados suficientes datos para probar que la teoría es verdad, se forma una ley”. (p. 10, énfasis añadido).

Es importante señalar por qué la nueva filosofía de la ciencia cuestiona la dicotomía entre leyes y teorías. La historia de la ciencia muestra que las teorías son remplazadas por otras con cierta frecuencia, quiere decir que son tentativas. Por lo tanto las leyes no se convierten en teorías o viceversa, sino que abren paso a nuevas teorías. La comprensión de este aspecto es importante para la enseñanza de la ciencia, por el hecho que los estudiantes puedan sentirse motivados a pensar en la modificación y necesidad de nuevas teorías.

Criterio (NC₅) se refiere a los principios heurísticos o explicativos que orientan a los científicos en el diseño de los experimentos, los cuales le permiten obtener los datos necesarios para confirmar o descartar hipótesis. Ninguno de los 16 textos analizados describe satisfactoriamente (S) ni menciona (M) estos principios heurísticos. Los textos reflejan el punto de vista positivista, que postula el papel central de los experimentos en la construcción del conocimiento científico.

Criterio (NC₆) señala que las observaciones están “impregnadas de teorías”, cuestionando así el punto de vista de la filosofía positivista que

postula una observación completamente objetiva. De acuerdo con la tabla 1, ninguno de los 16 textos describe satisfactoriamente (S) ni menciona (M) este criterio. Los textos analizados mantuvieron el enfoque positivista de una observación objetiva. Para RODRÍGUEZ (1993), el carácter objetivo de la observación es incuestionable:

“La observación es el acto de percibir la realidad existente, pero es necesario educarla y desarrollarla puesto que constituye la esencia de cualquier conocimiento, y debe permitir la descripción de un fenómeno lo más exactamente posible”. (p. 9).

Asimismo, ISLA (1988) enfatiza el papel de la observación al afirmar que, “quien no sea buen observador no puede ser un científico” (p. 9). NIAZ (1999) ha señalado la desventaja de enfatizar las observaciones más allá de lo necesario.

Criterio (NC₇) se refiere a la influencia mutua entre ciencia y tecnología y sus aportes a la solución de problemas sociales y ambientales. De acuerdo con la tabla 1, 5 textos describen satisfactoriamente (S) y 4 textos mencionan (M) los aspectos del criterio. La explicación de los resultados se debe a la tendencia actual de los libros de texto a reflejar la presentación del conocimiento científico dentro del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), el cual plantea la presentación del conocimiento científico dentro de un contexto más significativo para estudiantes y docentes (MALAVER *et al.*, 2004; MATTHEWS, 1994; RYAN & AIKENHEAD, 1992; VÁSQUEZ *et al.*, 1999).

Criterio (NC₈) representa el enfoque de la nueva filosofía de la ciencia, de acuerdo con la cual la ciencia evoluciona a partir de la competencia entre programas de investigación rivales (Lakatos, 1970). En la tabla 1, ninguno de los 16 textos analizados describe satisfactoriamente (S) ni menciona (M) los aspectos del criterio. Todos los textos presentan la evolución del conocimiento científico como un proceso acumulativo producto de la sucesiva aplicación del método científico experimental.

CONCLUSIONES

Los textos analizados mantienen un enfoque positivista de la naturaleza de la ciencia, el cual no concuerda con el enfoque actual de la historia y la filosofía de la ciencia. La mayoría de los autores de textos resaltan los hechos experimentales y el uso del método científico experimental como la única vía para elaborar conocimiento científico válido, generando una visión de la ciencia como un proceso acumulativo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N.G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Educatio*, **22**, (7), 665-701, 2000.
- ALTERS, B. J. Whose nature of the science? *Journal of Research in Science Teaching*, **34**, 39-55, 1997.
- BASURCO, J.A. *Química moderna. Teoría y práctica. Tercer año ciclo básico*, Editorial Nueva América, Caracas, 1975.
- BLANCO, R.; NIAZ, M. Epistemological beliefs of students and teachers about the nature of science: From Baconian inductive ascent to the irrelevance of scientific laws. *Instructional Science*, **25**, 203-231, 1997.
- BLANCO, R.; NIAZ, M. Baroque tower on a gothic base: A Lakatosian reconstruction of students' and teachers' understanding of structure of the atom. *Science and Education*, **7**, 327-260, 1998.
- 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.
- BURK, I.; SOTO J. *Fundamentos de química. Tercer año ciclo básico*. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana, Caracas, 1972.
- CABALLERO, A.; RAMOS, F. *Iniciación a la química. Noveno grado*. Distribuidora Escolar, Caracas, 1989.
- CHIAPPETTA, E.L.; SETHNA, G.H.; FILLMAN, D.A. Do middle school life science textbooks provide a balance of scientific literacy themes? *Journal of Research in Science Teaching*, **30**, 787-797, 1993.
- EFLIN, J.T.; GLENNAN, S.; REISCH, G. The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, **36**, 107-116, 1999.
- FERNÁNDEZ, M.; LÓPEZ, D. *Química noveno grado. Educación básica*, Editorial Triángulo, Caracas, 1993.
- Feyerabend, P. *Against method*, Verso, Londres, 1975.
- FLORES, J. *Química. Noveno grado*, Santillana, Caracas, 1997.
- GONZÁLEZ, C.; GONZÁLEZ, J. *Química noveno grado. Serie cosmos*, Editorial Excelencia, Caracas, 1996.
- HANSON, N.R. *Patterns of discovery*, Cambridge University Press, Cambridge, 1958.
- HODSON, D. Toward a philosophically more valid science curriculum, *Science Education*, **72**, 19-40, 1988.
- IRWIN, A.R. Historical case studies: Teaching the nature of science in context, *Science Education*, **84**, 5-26, 2000.
- ISLA, J. *Química. Noveno grado*, Editorial Básica, S.A., Caracas, 1988.
- KUHN, T.S. *The structure of Scientific Revolutions* (2ª ed), University of Chicago Press, Chicago, 1970.
- LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programmers. En LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A (eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, pp. 91-195, Cambridge University Press, Cambridge, 1970.
- LEDERMAN, N.G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research, *Journal of Research in Science Teaching*, **29**, 331-359, 1992.
- MALAVER, M.; PUJOL, R.; D'ALESSANDRO MARTÍNEZ, A. Los estilos de prosa y el enfoque ciencia-tecnología-sociedad en textos universitarios de química general, *Enseñanza de las Ciencias*, **22**, 441-454, 2004.
- MATTHEWS, M. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*, Routledge, New York, 1994.
- MATTHEWS, M. In defense of modest goals when teaching about the nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, **35**, (2), 161-174, 1998.
- MCCOMAS, W.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. (1998). The nature of science in science education: An introduction, *Science & Education*, **7**, 511-532, 1998.
- MILLAR, R.; DRIVER, R. Beyond processes, *Studies in Science Education*, **14**, 33-62, 1987.
- Ministerio de Educación. *Química. Tercer año ciclo básico común*, Caracas, 1980.
- MORENO, H. *La química en su mano. Noveno grado*, Ediciones Colegial Bolivariana, Caracas, 1994.
- NIAZ, M. Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, **12**, (1), 97-100, 1994.
- 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. Should we put observations first? *Journal of Chemical Education*, **76**, 734, 1999.
- 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. How important are the laws of definite and multiple proportions in chemistry and teaching chemistry? *Science & Education*, **10**, 243-266, 2001b.
- NORIEGA, L.; APONTE, P.; MERLO, M. *Química. Tercer año ciclo básico común*. Editorial Romor, C.A., Caracas, 1981.
- 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**, (2), 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**, (1), 51-77, 2004.
- POPPER, K.R. *La lógica de la investigación científica*, Tecnos, Madrid, 1977.
- REQUEJO, D.; DE REQUEJO, A. *La química a tu alcance. Noveno grado, educación básica*, Editorial Biosfera, Caracas, 1995.
- RODRÍGUEZ, G.R. *Química. Noveno grado. Teoría y práctica*, Ediciones Eneva, Caracas, 1988.
- RODRÍGUEZ, M. *Química noveno grado*, Librería Editorial Salesiana S.A., Caracas, 1993.
- SCHWAB, J.J. *The teaching of science as enquiry*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1962.
- SILVEIRA, F. La filosofía de la ciencia de Imre Lakatos: la metodología de los programas de investigación, *Enseñanza de la Física*, **10**, (2), 56-63, 1997.
- SMITH, M.; SCHARMANN, L. Defining versus describing the nature of science: a pragmatic analysis for classroom teachers and science educators, *Journal of Research in Science Teaching*, **37**, 493-509, 1999.
- SOSA, S.; RIVERO, J. *Química 2000. Teoría y guía de laboratorio*, Noveno grado, Editorial McGraw-Hill, Caracas, 1995.
- SUÁREZ, F. *Química. Noveno grado. Teoría*, Editorial Romor, Caracas, 1994.
- VÁSQUEZ, A.; MANASSERO, M.A. Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes, *Enseñanza de las Ciencias*, **17**, (3), 377-395, 1999.
- VON GLASERSFELD, E. Cognition, construction of knowledge and teaching, *Synthese*, **80**, 121-140, 1989.

Received: 9.02.2007
Approved: 29.09.2007