

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

Ysmandi Páez

*Unidad Educativa “Br. Rafael Castro Machado”,
Cumaná, Estado Sucre - Venezuela*

María A. Rodríguez

Mansoor Niaz

*Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre
Cumaná, Estado Sucre - Venezuela*

RESUMEN

Los estudios más recientes indican que los textos universitarios de química general reflejan un enfoque de la evolución de la ciencia que contradice los eventos históricos. La ciencia no se desarrolló mediante acumulación de conocimiento verificado por los datos experimentales, sino mediante la competencia de puntos de vista conflictivos que conducen a un aumento cada vez mayor del poder heurístico/explicativo de las teorías (Lakatos, 1970). El objetivo de esta investigación, es evaluar la imagen de la ley de las proporciones definidas y múltiples, en el contexto de la teoría atómica de Dalton, reflejada por 26 textos de química de bachillerato (16 de noveno grado y 10 de primer año) y su grado de coincidencia con el enfoque actual de la Historia y la Filosofía de la Ciencia. Cinco criterios racionales que reflejan el punto de vista actual de la Filosofía de la Ciencia, fueron aplicados para evaluar cualitativamente el enfoque de los textos en los temas señalados. Uno de los criterios más resaltantes, trata la controversia entre Dalton y Gay-Lussac: La historia muestra que la teoría atómica de Dalton explicó la ley de los volúmenes de combinación de Gay-Lussac. En contraste, la versión positivista afirma que la ley de Gay-Lussac dio origen a la teoría atómica. Los resultados indican que, solamente un texto menciona este criterio, ninguno lo describe satisfactoriamente. En conclusión, los textos analizados reflejan un enfoque positivista-inductivista de la evolución de la ciencia, ignorando que el desarrollo de teorías implica controversias. La inclusión de la historia de la ciencia en los textos, puede contribuir a una visión más dinámica del desarrollo del conocimiento científico, y por ende más estimulante para los estudiantes.

Descriptor: Historia y Filosofía de la Ciencia, Enseñanza de las Ciencias, Teoría de Dalton, Leyes de las Proporciones Definidas y Múltiples.

ABSTRACT

ATOMIC THEORY OF DALTON FROM THE PERSPECTIVE OF THE NEW PHILOSOPHY OF SCIENCE: AN ANALYSIS OF THE IMAGE REFLECTED BY HIGH SCHOOL CHEMISTRY TEXTS

Recent studies indicate that university level general chemistry textbooks reflect a vision of the development of science that contradicts historical events. Science did not develop through the accumulation of verified knowledge based on experimental data, but rather through conflicting theories that increase their heuristic/explanatory power (Lakatos, 1970). The objective of this study is to evaluate the image of the laws of definite and multiple proportions (in the context of Dalton's atomic theory) reflected by 26 secondary level chemistry textbooks (16 of 9th grade and 10 of 10th grade) and the degree to which they coincide with the current perspective of history and philosophy of science. Five rational criteria were used to evaluate the textbooks. One of the criteria dealt with the controversy between Dalton and Gay-Lussac: Historical events show that Dalton's atomic theory explained Gay-Lussac's law of combining volumes. In contrast, the positivist version states that Gay-Lussac's law gave origin to the atomic theory. Results obtained show that only one textbook mentioned the criterion and none described it satisfactorily. It is concluded that textbooks analyzed reflect a positivist-inductivist perspective of the development of science and ignore the role played by controversies. Inclusion of the history of science in the textbooks can contribute towards a more dynamic perspective of the development of scientific knowledge and thus more stimulating to students.

Key words: History and philosophy of science, Science teaching, Dalton's theory, Laws of definite and multiple proportions.

INTRODUCCIÓN

La conceptualización de leyes y teorías que mantienen estudiantes y docentes, es uno de los aspectos más estudiados en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias de los últimos años (Blanco y Niaz, 1997, 1998; Lederman y O'Malley, 1990; Meyling, 1997; Rodríguez y Niaz, 1999; Ryan y Aikenhead, 1992). Los estudios de Blanco y Niaz (1997, 1998), sobre las creencias epistemológicas de estudiantes universitarios y sus profesores de química, demuestran que éstos diferencian entre leyes y teorías en los siguientes términos: "...una teoría científica no ha sido probada en su totalidad, mientras que una ley científica no solamente ha sido probada sino que es universal, y además una teoría nos habla sobre cosas más complejas y explícitas." (Blanco y Niaz, 1997, p. 203).

Ryan y Aikenhead (1992), en un estudio realizado con más de doscientos estudiantes de secundaria, reportaron que el 64 % de ellos mantiene una relación jerárquica simple, en la cual las hipótesis llegan a convertirse en teorías y las teorías se convierten en leyes, dependiendo de la cantidad de pruebas que las sustenten.

De los estudios señalados, se evidencia una gran incertidumbre, por parte de alumnos y docentes de ciencias, cuando admiten diferencias entre leyes y teorías. Esta es una herencia del dominio de la filosofía positivista en la enseñanza de las ciencias durante gran parte del siglo XX, constituyendo

un obstáculo epistemológico en la construcción de una concepción más profunda de la empresa científica. Niaz (2001a) señala argumentos válidos que permiten analizar conjuntamente estos aspectos:

La mayoría de los libros de texto presentan las leyes de las proporciones múltiples y de las proporciones definidas de una manera simple y sin controversia. A pesar de tales presentaciones, un ensayo crítico de la literatura de la Historia y Filosofía de la Ciencia demuestra que la evolución de las dos leyes está íntimamente relacionada al origen controversial de la teoría atómica de Dalton, a principios del siglo XIX. (p. 244)

El presente trabajo tiene dos propósitos fundamentales: (a) Investigar si los textos establecen diferencias entre leyes y teorías, en cuyo caso reflejan el punto de vista positivista: **leyes y teorías son generalizaciones inductivas obtenidas a partir de los datos experimentales**; (b) Investigar si los textos toman en cuenta la historia y filosofía de la ciencia para explicar la evolución de la ley de las proporciones definidas y múltiples en el contexto de la teoría atómica de Dalton.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente trabajo se hará un análisis del tratamiento que le dan los textos a **las leyes de las proporciones definidas y múltiples**. No pueden dejar de mencionarse los aspectos históricos relativos a la evolución de la ley de las proporciones múltiples y de los volúmenes de combinación, debido a que están estrechamente relacionados con la evolución de la teoría atómica de Dalton. Dada esta relación entre las leyes ponderales y la teoría de Dalton, la reconstrucción racional de la evolución de las leyes de las proporciones definidas y múltiples se hará en forma conjunta con la teoría de Dalton.

EVOLUCIÓN DE LA LEY DE LAS PROPORCIONES DEFINIDAS

Esta ley fue enunciada y confirmada experimentalmente por primera vez en 1799, por el químico francés Joseph Louis Proust (1754-1826), después de una férrea oposición con su compatriota Claude Berthollet (1749-1822), quién argumentaba que no había diferencia esencial entre los compuestos químicos y las soluciones, dado que ambos materiales presentaban composición variable. Esta polémica se mantuvo durante ocho años, hasta que la ley de las proporciones definidas fue aceptada por los químicos de la época (Fujii, 1986; Ihde, 1964). De esta manera la comunidad científica apoyó las ideas de Proust. La definición de esta ley según la versión de Pauling (1964) es la siguiente: “Diferentes muestras de una sustancia contienen sus constituyentes elementales (elementos) en la misma proporción.” (p. 25).

El enfoque positivista, de principios del siglo XIX, señala que las leyes de las proporciones definidas y de las proporciones múltiples se derivan de la ley de los volúmenes de combinación de Gay-Lussac, debido a que el volumen es una variable medible. Un enfoque rival consideró que las dos leyes se podían deducir a partir de la teoría atómica de Dalton. Estos puntos de vista opuestos se mantuvieron durante casi toda la primera década del siglo XX (Pauling, 1952, pp. 135-136).

EVOLUCIÓN DE LA LEY DE LAS PROPORCIONES MÚLTIPLES

A principios del siglo XIX fue popularizada una versión positivista de la **ley de las proporciones múltiples**, según la cual Dalton elaboró su teoría atómica una vez que tuvo conocimiento de esta ley, mientras trabajaba con dos hidrocarburos (metano y etano). Según Roche (1984): “Esta versión inductivista fue bastante concordante con el modelo Victoriano de ciencia heroica prevaleciente en la época” (p. 27).

Por otra parte es importante observar cómo Linus Pauling (1964) aclara esto, en un texto de química, enunciando categóricamente: “El descubrimiento de la ley de las proporciones múltiples fue el primer gran éxito de la teoría atómica de Dalton. Esta ley no fue inducida de los resultados experimentales, sino derivada de la teoría, y luego probada mediante experimentos” (p. 26).

Observaciones como estas confirman uno de los postulados de la nueva filosofía de la ciencia el cual señala que el carácter progresivo de un programa de investigación científica viene dado por su capacidad para predecir nuevos hechos experimentales (Lakatos, 1970).

Un hallazgo importante del trabajo de Niaz (2001a) es que los textos universitarios de química general presentan las leyes ponderales **como enunciados exactos de lo que ocurre en la naturaleza, olvidando los contra-ejemplos, que permitirían a alumnos y docentes considerar que las leyes de la ciencia son enunciados generales y por lo tanto tienen sus excepciones o límites**. En tal sentido, Christie (1994), confirma este punto de vista:

Aunque la mayoría de las veces las razones son pequeñas, hay cientos de compuestos diferentes, que contienen tanto carbono como hidrógeno, donde la ley no es seguida. Al parecer la ley de las proporciones definidas puede ser vista como una regla exacta con excepciones y, aún la ley de las proporciones múltiples no es una proposición precisa (p. 619).

Finalmente, la misma autora concluye con una observación más revolucionaria: “...Muchas leyes completamente respetables de la ciencia no son universales y, aún más, hay unas pocas que no pueden ser formuladas como proposiciones precisas” (p. 613).

De acuerdo con la nueva filosofía de la ciencia, y en contraposición al punto de vista mantenido por la filosofía positivista, no existen diferencias fundamentales entre leyes y teorías, debido a que las leyes (al igual que las teorías) no son enunciados exactos de lo que ocurre en la naturaleza, es decir, tienen excepciones o límites para los cuales no se cumplen, lo cual es especificado mediante la Cláusula Ceteris Paribus, mencionada inicialmente por Galileo Galilei en su famoso experimento de la Caída Libre (Christie, 1994; Giere, 1995). Asimismo, podemos señalar los óxidos de nitrógeno como otro ejemplo, más ilustrativo, donde no se cumple la ley de las proporciones definidas.

En este orden de ideas, Giere (1995), hace una propuesta bastante innovadora para la enseñanza de las ciencias:

... Se hace necesario presentar un enfoque alternativo que permita visualizar la práctica de la ciencia sin referirse a las leyes de la naturaleza, dado que éstas se refieren tan sólo a unas pocas cantidades físicas. La naturaleza es un sistema que contiene muchas variables, las cuales interactúan entre sí. Existen muy pocos sistemas verdaderamente aislados. De modo que no existen muchos sistemas en el mundo real que cumplan exactamente cualquier ley de la naturaleza. Necesitamos una imagen de la ciencia que refleje nuestra idea diaria de los sucesos sin invocar leyes de la naturaleza, entendidas

como generalizaciones verdaderas (p. 10).

EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA ATÓMICA DE DALTON

La elaboración de los criterios para evaluar el tratamiento que le dan los textos a la teoría atómica de Dalton se basa en un análisis de la Historia de la Ciencia. En este aspecto, los trabajos de Niaz (1998, 2000a, 2000b, 2001a) hacen una importante contribución para el desarrollo de esta metodología. El origen del programa atómico de Dalton se puede remontar al año 1801, cuando formuló su primera ley de las mezclas gaseosas. Según Dalton (1810):Los átomos de una clase de gas no repelen a los átomos de otra clase, solamente a aquellos de su propia clase (p. 23).

Esta teoría fue propuesta para explicar la constitución de la atmósfera y posteriormente la ley de las presiones parciales de Dalton.(Frické, 1976; Rocke, 1978). La inquietud por resolver el problema de la atmósfera llevó a Dalton a articular su programa de investigación atómico. Frické (1976) considera que el ‘núcleo firme’ (ver Lakatos, 1970) del programa de investigación de Dalton está basado en los siguientes supuestos:

....qué cada elemento químico consiste de su propio tipo característico de átomo indestructible, indivisible, que la propiedad que caracteriza a estos átomos es su peso, que los compuestos son combinaciones definidas de estos átomos diferentes, y qué, durante las reacciones químicas entre compuestos, los átomos ni son creados ni destruidos sino solamente reordenados para formar nuevos compuestos (p. 23).

Este programa aportó una base racional para explicar la ley de la composición constante de Proust, la ley de los pesos equivalentes de Richter y predijo la ley de las proporciones múltiples (Frické 1976, p. 283; Pauling 1964, p. 26).

Según Pauling (1952), el programa de investigación de Dalton tuvo que encarar, a principios del siglo XIX, la oposición de un programa rival: El programa de Gay-Lussac de la ley de los Volúmenes de Combinación, la cual establece: Los volúmenes de gases que reaccionan entre sí, o se producen en una reacción química, están en una razón de números enteros pequeños (Pauling, 1952, p. 161).

Dalton rechazó la ley de Gay-Lussac, que planteaba el reconocimiento del hallazgo experimental de que los gases se combinan en una razón de números enteros pequeños con respecto a sus volúmenes, debido a que se ignoraba la explicación basada en la teoría atómica (Niaz, 2001a, p. 246). De acuerdo a Frické (1976), la competencia entre programas rivales se confirma porque:

Gay-Lussac no estaba solo en su rechazo del atomismo. Había una amplia tendencia a reemplazar el concepto teórico de “átomo” por las nociones medibles de “volumen”, “equivalente” o “medida”. Las leyes empíricas de Dalton se consideraban de gran valor científico **pero sus teorías fueron descartadas como especulaciones** (p. 285, énfasis añadido).

De acuerdo a la ley de Gay-Lussac y su interpretación por Avogadro, a la misma temperatura y presión, el mismo volumen de diferentes gases contiene el mismo número de átomos. En otras palabras, medir el volumen era importante, no obstante, esto ignoraba algo más importante, es decir, igual volumen contiene igual número de átomos, por lo tanto al aceptar el volumen se ignoraban los

átomos y de ahí la oposición de Dalton. La ley de Gay-Lussac tenía importantes implicaciones. Para los anti-atomistas era la oportunidad para aceptar y entender las leyes de las proporciones definidas y múltiples.

Niaz (2001a), señala que el trabajo de Gay-Lussac estaba enmarcado en la tradición positivista de principios del siglo XIX, la cual enfatizaba los aspectos visibles y medibles (volúmenes de gases) de la química en detrimento de las entidades invisibles/hipotéticas (átomos/moléculas). Este fundamento explica la fuerte reacción de Dalton contra la ley de Gay-Lussac de los volúmenes de combinación.

En conclusión, la evolución de la teoría atómica de Dalton fue posible debido a la competencia con un programa de investigación rival (la ley de Gay-Lussac), para explicar la proporción en que se combinaban los gases durante una reacción química. Es importante que los textos de química tomen en cuenta este enfoque Lakatosiano de la evolución de la teoría atómica de Dalton y no se limiten a presentarla como inducida de los datos experimentales, reflejando así un enfoque positivista de la ciencia.

CRITERIOS PARA EVALUAR EL ENFOQUE DE LOS TEXTOS CON RESPECTO A LA LEY DE LAS PROPORCIONES DEFINIDAS Y LA TEORÍA ATÓMICA DE DALTON

La presente investigación descriptiva, se basa en un análisis cualitativo de la presentación del conocimiento científico en una muestra de 26 textos de química de bachillerato (16 de noveno grado y 10 de primer año), para lo cual se aplicaron los siguientes criterios que reflejan el punto de vista de la nueva Filosofía de la Ciencia sobre la evolución de la teoría atómica de Dalton y su relación con la ley de las proporciones definidas, múltiples, presiones parciales y volúmenes de combinación de Gay-Lussac. Para lograr los propósitos de la presente investigación se plantearon las siguientes actividades:

1. Elaboración de los criterios y análisis de los textos aplicando dichos criterios, lo cual permitió la obtención de datos cualitativos para diagnosticar el enfoque de los textos y elaborar las conclusiones del trabajo.

2. Validación de la aplicación de los criterios. En una primera fase los tres autores del trabajo aplicaron los cinco criterios individualmente, para analizar una muestra de 6 textos (3 de noveno grado y 3 de primer año). En una segunda fase en reunión conjunta entre los tres autores del trabajo se analizaron los resultados y se planteó una discusión en los casos donde había divergencia en la aplicación de los criterios hasta lograr un consenso. En una fase final dos de los autores analizaron todos los textos individualmente y se obtuvieron los siguientes resultados basados en 24 textos (2 textos no tratan el tema):

Criterio D₁: Coincidencia en la evaluación de 10 textos;

Criterio D₂: Coincidencia en la evaluación de 23 textos;

Criterio D₃: Coincidencia en la evaluación de 23 textos;

Criterio D₄: Coincidencia en la evaluación de 23 textos;

Criterio D₅: Coincidencia en la evaluación de 16 textos.

Todas las discrepancias se resolvieron mediante discusión (Nota: Criterio D₁ se aplicó solo a los 16 textos del noveno grado).

3. Análisis y discusión de los resultados obtenidos en la aplicación de los criterios, los cuales se muestran en las tablas 1 y 2 de la siguiente sección.

En la elaboración de los criterios se tomó como referencia el trabajo previo de Niaz (2001a) para evaluar la importancia de las leyes de las proporciones definidas y múltiples en la enseñanza de la química, dado que las dos leyes tienen una relación muy estrecha con la teoría atómica de Dalton.

Dalton 1 (D₁):

El criterio Dalton 1 (D₁), fue elaborado para diagnosticar el enfoque que le dan los textos al origen controversial de la ley de las proporciones definidas y la teoría atómica de Dalton. En tal sentido, la escala cualitativa para evaluar el enfoque de los textos de este primer criterio será: **Inductivista (I)**, **Lakatosiano (L)** y **No menciona (N)** ninguno de los dos enfoques anteriores. A continuación presentamos la descripción de la escala:

Inductivista (I):

La ley inducida de los experimentos. Los datos experimentales permitieron al químico francés Joseph Louis Proust comprobar la proporción fija en que se combinan dos elementos para formar un compuesto, después de lo cual enunció la ley de las proporciones definidas. La teoría atómica de Dalton fue postulada para explicar las observaciones y los resultados experimentales que llevaron a la formulación de la ley, es decir, la teoría fue obtenida inductivamente. Criterio construido a partir de Lakatos (1971); Niaz (2001a).

Este criterio coincide con la afirmación de Lakatos (1971): “Para un inductivista solamente pueden ser aceptadas en el cuerpo de la ciencia aquellas proposiciones que describen los hechos sólidos o son infalibles generalizaciones inductivas de ellos” (p. 92).

Lakatosiano (L):

La polémica Proust-Berthollet. La ley de las proporciones definidas fue enunciada y confirmada por primera vez en 1799, por el químico francés Joseph Louis Proust, después de una férrea polémica con su compatriota Berthollet, quien señalaba que no había diferencia esencial entre los compuestos químicos y las soluciones. Esta polémica se mantuvo durante ocho años hasta que la ley de las proporciones definidas fue aceptada por los químicos. **Un enfoque Lakatosiano debe señalar que la ley no sólo fue formulada inductivamente, sino destacar la rivalidad entre Proust y Berthollet.** Este criterio está basado en: Fujii (1986); Ihde (1964); Niaz (2001a); Niaz y Rodríguez (2001).

Dalton 2 (D₂):

El origen de la teoría atómica de Dalton. Dalton formuló su teoría atómica, basado en la existencia de átomos hipotéticos, con la finalidad de dar una explicación racional de la constitución de la atmósfera y, posteriormente, de la ley de las presiones parciales de los gases. La resolución del problema de la atmósfera llevó a Dalton a articular su programa de investigación atómico basado en los postulados ya conocidos de la teoría atómica. Criterio construido a partir de: Frické (1976); Niaz (2001a); Pauling (1964) y Rocke (1978).

Dalton 3 (D₃):

La polémica con Gay-Lussac. La teoría atómica de Dalton fue capaz de explicar la ley de los volúmenes de combinación de Gay-Lussac. Esto generó una fuerte oposición de Gay-Lussac y sus partidarios, quienes reemplazaron el concepto teórico de “átomo” por las nociones medibles y visibles de “volumen”, “equivalente” o “medida”. Los aportes de Dalton se consideraban de gran valor científico, pero su teoría de los átomos hipotéticos fue descartada como simple especulación. Criterio basado en: Elkana (1974); Frické (1976); Niaz (2001a); Niaz y Rodríguez (2001).

Dalton 4 (D₄):

Las teorías científicas son predictivas. El primer gran éxito de la teoría atómica de Dalton fue el descubrimiento de la ley de las proporciones múltiples. Esta ley no fue inducida de los resultados experimentales, sino derivada de la teoría y luego confirmada experimentalmente. Criterio construido a partir de: Lakatos (1970); Niaz (2001a); Niaz y Rodríguez (2001); Pauling (1964); Sienko-Plane (1979).

Este criterio está de acuerdo con la afirmación de Lakatos (1970) que un programa de investigación es exitoso si conduce a un cambio progresivo de problemática al predecir los hechos experimentales.

Dalton 5 (D₅):

La teoría se torna regresiva. El descubrimiento de una serie de hechos experimentales que demostraron la naturaleza eléctrica de la materia (la electrólisis, las descargas eléctricas en gases enrarecidos y la radioactividad, entre otros), llevó a una modificación progresiva y/o reemplazo de la teoría atómica de Dalton, a finales del siglo XIX. De acuerdo a la nueva filosofía de la ciencia, las teorías científicas son tentativas, por lo tanto toda teoría a la larga será superada por otra con mayor poder explicativo. Criterio construido a partir de: Eflin et al., (1999); Giddings (1982); Lakatos (1970); Lederman (1983); Niaz (1994).

Este criterio se basa en una de las ideas más novedosas de Lakatos: “Los hechos (datos empíricos) no pueden falsear una teoría, sino facilitar la aparición de una nueva con mayor poder heurístico/ explicativo” (Citado por Niaz, 1994, p. 98)

ESCALA CUALITATIVA PARA EVALUAR EL GRADO DE CONCORDANCIA DE LOS TEXTOS CON LOS CRITERIOS D₂, D₃, D₄ Y D₅. (Niaz, 1998, 2000a, 2000b, 2001a):

- 1) Satisfactorio (S):** Los textos dan una explicación detallada ó convincente en uno o más párrafos de los aspectos tratados por cada criterio.
- 2) Mención (M):** Se hace una breve mención de los aspectos señalados por cada criterio, pero sin dar detalles.
- 3) No menciona (N):** El texto no menciona los aspectos tratados por cada criterio. Se presentan los contenidos sin hacer comentario alguno, en cuanto al proceso de evolución de las leyes y teorías.

ANALISIS DE LOS TEXTOS Y DISCUSION DE RESULTADOS:

La ley de las Proporciones Definidas y la Teoría atómica de Dalton.

Criterio Dalton 1 (D₁) fue utilizado para evaluar el enfoque de los textos con respecto a la evolución de la ley de las proporciones definidas y su relación con la teoría atómica de Dalton. Los datos de el Cuadro 1 muestran que tres de los 16 textos de química de noveno grado, analizados, mantienen la versión inductivista (I) sobre el origen de la ley de las proporciones definidas y su influencia en la formulación de la teoría atómica de Dalton. Un solo texto mantiene la versión Lakatosiana (L) que relaciona el origen de la ley de las proporciones definidas con la polémica entre Proust y Berthollet. La siguiente cita de Rodríguez (1988) ilustra este punto de vista Lakatosiano:

Cuidadosas investigaciones sobre la formación de otras sustancias, demuestran la exactitud de una conclusión análoga, cuya generalización constituye la ley de las proporciones definidas. Pero a pesar de las numerosas adhesiones a esta importante generalización, ello no fue obstáculo para que se planteara una violenta polémica entre dos destacados químicos franceses de la época: Claude Louis Berthollet (1748-1822) y Joseph Louis Proust (1745-1826). Las discusiones giraban en torno a las cantidades relativas de sustancias que reaccionarían para formar los compuestos. Berthollet sostenía el punto de vista de que un par de sustancias se pueden combinar en cualquier proporción para formar un compuesto determinado. Proust, por su parte, basaba sus afirmaciones en las evidencias obtenidas de experimentos que mostraban una proporción constante, como la síntesis del agua y del cloruro de zinc (pp. 227-228).

Este ejemplo se ajusta a los hechos históricos y a la vez facilita una comprensión del desarrollo del conocimiento científico como un proceso que requiere discusión y por lo tanto controversia entre los protagonistas.

En ese orden de ideas, la siguiente cita tomada de Burk y Soto (1972), clasificada como no mención (N), contrasta con el ejemplo anterior al enfatizar el origen netamente inductivo de las leyes de la química y no mencionar la controversia entre Proust y Berthollet:

Las leyes fundamentales de la química se descubrieron gracias a la balanza....**Por consiguiente, las leyes fundamentales de la química no son fruto del pensamiento puramente conceptual, sino de conocimientos derivados de la experimentación, muchas veces repetida y verificada y jamás contradicha.** En una palabra: son conquistas del método de la ciencia experimental (p. 38, énfasis

añadido).

Un total de doce de los 16 textos no mencionan (N) ninguno de los dos aspectos del criterio Dalton 1. En estos casos los autores de textos reflejan la ciencia como una retórica de conclusiones, o sea, una simple reseña, sin resaltar los conflictos, controversias y dificultades enfrentadas por los científicos.

Es de hacer notar que el Criterio D₁ no fue aplicado a los textos de primer año por el hecho de que este tema no forma parte del programa.

Cuadro 1
Evaluación de los Textos de Noveno grado (n=16) aplicando los criterios de la Teoría Atómica de Dalton.

Nº	Textos	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
1	Basurco (1975)	N	N	N	N	M
2	Buró y Soto (1972)	N	M	N	N	M
3	Caballero y Ramos (1989)	N	-	-	-	-
4	Fernández y López (1993)	N	N	N	N	N
5	Flores (1997)	N	N	N	N	N
6	González y González (1996)	I	N	N	N	N
7	Irazabal e Irazabal (1989)	N	N	N	N	N
8	Isla (1988)	N	-	-	-	-
9	Ministerio de Educación (1980)	I	N	N	N	M
10	Moreno (1994)	I	N	N	N	S
11	Noriega et al. (1979)	N	N	N	N	M
12	Requeijo y Requeijo (1995)	N	N	N	N	N
13	Rodríguez (1993)	N	N	N	N	N
14	Rodríguez (1988)	L	N	M	N	M
15	Sosa y Rivero (1995)	N	N	N	N	N
16	Suárez (1994)	N	N	N	N	N

Nota: D₁, D₂, D₃, D₄, D₅: Criterios 1,2,3,4 y 5 del modelo de Dalton.

I: Versión Inductivista del criterio D1; L: Versión Lakatosiana del criterio D1;

S: Satisfactorio; M: Mención; N: no menciona el criterio;

(-): El texto no trata el tema.

El criterio Dalton 2 (D₂) ilustra el punto de vista de la historia de la ciencia, según el cual cuando Dalton postula su teoría de los átomos hipotéticos lo hace para explicar la constitución de la atmósfera y la conducta de los gases (Frické, 1976; Roche, 1978). El Cuadro 1 muestra que solamente un texto de noveno grado hace mención (M) del criterio Dalton 2. Trece textos no mencionan (N) el criterio y dos textos no tratan el tema. La siguiente cita de Burk y Soto (1972), ilustra el caso de mención (M):

La concepción daltoniana del átomo constituye el primer modelo atómico. El modelo desempeña una función instrumental: permite entender por qué y como acaecen los hechos. Ya hemos visto que semejante modelo explicaba bien las leyes fundamentales del cambio químico y las sigue explicando hasta el día de hoy. Asimismo, este modelo permite entender a perfección las leyes del estado gaseoso, los cambios de estado físico de las sustancias y las leyes volumétricas de las reacciones químicas (p. 39).

El Cuadro 2 muestra que, ningún texto de primer año describe satisfactoriamente (S) el criterio Dalton 2. Sólo tres de los diez textos hacen mención (M) de los aspectos de ese criterio.

El criterio Dalton 3 (D₃) se refiere a la controversia entre Dalton y Gay-Lussac, debido a que la teoría atómica de Dalton fue capaz de explicar la ley de los volúmenes de combinación (Niaz, 2001a). Los Cuadros 1 y 2, muestran que ninguno de los 26 textos describe satisfactoriamente (S) este criterio. Un sólo texto (Rodríguez, 1988) hace mención (M) de la controversia entre Dalton y Gay-Lussac y, sin embargo, lo hace contradiciendo el punto de vista de la historia de la ciencia. Estos resultados evidencian el escaso interés de los autores de textos por la historia de la ciencia. Es importante señalar, que 5 de los 16 textos de noveno grado entran en contradicción con el criterio, al señalar que la teoría de Dalton no pudo explicar los resultados experimentales obtenidos por Gay-Lussac al formular la ley de los volúmenes de combinación de los gases. De acuerdo con estos cinco textos, esta contradicción fue solucionada por la brillante intervención del físico italiano Amadeo Avogadro al postular el concepto de moléculas diatómicas para las partículas gaseosas.

Niaz (2001a, p. 258), señala que esta versión de los textos no es apoyada por la historia de la ciencia. Además de que Gay-Lussac no compartía el programa de investigación de Dalton, había otro problema principal con la explicación de Avogadro de la ley de Gay-Lussac de los volúmenes de combinación. De acuerdo con Frické (1976):

Se dice con frecuencia que Avogadro fue responsable por el gran avance teórico de considerar los gases elementales como moléculas diatómicas. Eso no es cierto, porque a las moléculas de los gases le fue permitido tener cualquier grado de submolecularidad, estipulando que había uno o un número par de átomos en una molécula (p. 290).

Más bien, según el mismo Avogadro, el número real de átomos en una molécula era: "... exactamente aquél que es necesario para satisfacer el volumen del gas resultante" (citado por Frické, 1976, p. 290).

Por ejemplo, si se habían producido seis volúmenes de vapor de agua, Avogadro pudo haber descrito esta reacción como:



De las citas anteriores se deduce que las críticas que hacen los textos a la teoría de Dalton por

desconocer el carácter diatómico de las moléculas de los gases no están fundamentadas en hechos históricos. En consecuencia, la teoría sí fue capaz de explicar la ley de los volúmenes de combinación, lo cual originó la controversia con Gay-Lussac y sus partidarios.

El criterio Dalton 4 (D₄) se refiere al carácter predictivo de las teorías científicas. En este caso, ninguno de los 26 textos (novenos grado y primer año) describe satisfactoriamente (S) que uno de los primeros éxitos de la teoría de Dalton fue haber predicho la ley de las proporciones múltiples (Pauling, 1964). Solamente un texto lo menciona (M) (Ardila et al, 1973, p. 12). De acuerdo a Lakatos (1970), una teoría científica experimenta un cambio progresivo de problemática cuando es capaz de predecir como ocurrirán los hechos experimentales. La teoría de Dalton no sólo fue capaz de predecir la ley de las proporciones múltiples sino además la ley de los volúmenes de combinación de los gases de Gay-Lussac (Niaz, 2001a; Niaz y Rodríguez, 2001; Pauling, 1964; Sienko y Plane, 1979).

Criterio Dalton 5 (D₅). Los textos deben señalar los hechos experimentales que no pudieron ser explicados por la teoría atómica de Dalton, y que condujeron a su modificación o abandono por una teoría más explicativa. Los datos de los cuadros 1 y 2 muestran que sólo dos de los 26 textos analizados describen satisfactoriamente (S) este criterio, mientras que 8 textos solamente hacen mención (M) del mismo. Moreno (1994) da una explicación satisfactoria (S) en la siguiente cita:

A medida que se desarrollaba la ciencia de la química, fue necesario modificar ciertas ideas de Dalton en lo que respecta a la naturaleza y comportamiento químico de los átomos. Poco a poco fue surgiendo lo que ahora conocemos como la teoría atómica moderna, que ha de ser considerada como uno de los principales fundamentos en que se basa la química moderna (p. 181).

Como ocurre con toda teoría científica útil, la teoría atómica planteaba más preguntas que las que contestaba. Durante casi un siglo se aceptó la teoría atómica de Dalton tal y como se explicaba, es decir, no se puso en tela de juicio ningún punto esencial.... Pero a fines del siglo XIX se empezó a impugnar la teoría atómica de Dalton, ya que éste no era capaz de explicarla en una forma satisfactoria, pues los átomos eran considerados simplemente como minúsculas esferas cuya masa y naturaleza eran distintas de unos elementos a otros..... Más cuando se pretendía explicar cualquier fenómeno físico o químico a nivel atómico, era necesario aceptar que los átomos debían ser más complicados de lo que se creía (p. 184).

Cuadro 2.**Evaluación de los textos de primer año (n=10) aplicando los criterios de la Teoría Atómica de Dalton.**

Nº	Textos	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
1	Ardila et al. (1973)	M	N	M	M
2	Burk (1972)	M	N	N	N
3	Caballero y Ramos (1997)	N	N	N	N
4	Irazabal e Irazabal (1994)	N	N	N	N
5	Morales (1980)	N	N	N	N
6	Moreno (2000)	N	N	N	N
7	Rodríguez et al. (1994)	N	N	N	M
8	Rodríguez (1995)	N	N	N	N
9	Serrano y Zanella (1991)	N	N	N	M
10	Suárez (1997)	M	N	N	S

Nota: D₁, D₂, D₃, D₄, D₅: Criterios 1,2,3,4 y 5 del modelo de Dalton.

I: Versión Inductivista del criterio D1; L: Versión Lakatosiana del criterio D1;

S: Satisfactorio; M: Mención; N: no menciona el criterio;

(-): El texto no trata el tema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En líneas generales, los textos analizados mantienen un enfoque positivista de la evolución de la teoría atómica de Dalton y su relación con la ley de las proporciones definidas, que no concuerda con el enfoque actual de la filosofía de la ciencia. El origen inductivista de la teoría atómica de Dalton, como una explicación de las diferentes leyes es uno de los aspectos más defendido por los autores de textos, generando una visión de la ciencia como un proceso acumulativo. Es posible que, aun conociendo el enfoque actual de la filosofía de la ciencia, los autores de textos prefieran mantener su visión dicotómica (dada su popularidad) de las leyes y teorías.

Los resultados obtenidos en este estudio son parecidos a otros (Matthews, 1994; Niaz, 2001b) y se resaltan los siguientes aspectos:

El desarrollo de las diferentes teorías inevitablemente involucra a los científicos en conflictos y controversias (ejemplos en este estudio: las controversias entre Proust y Berthollet, Dalton y Gay-Lussac).

Los datos empíricos no necesariamente pueden dictaminar si una teoría es falsa o verdadera, sino facilitar el poder heurístico/explicativo de la teoría (ejemplo: los datos empíricos de Gay-Lussac aumentaron el poder explicativo de la teoría de Dalton).

La teoría atómica de Dalton fue desechada no porque era falsa, sino debido a que los científicos (J.J. Thomson y otros) propusieron nuevas teorías que explicaron mejor los hallazgos experimentales.

Se recomienda a los autores de textos la inclusión de lecturas que tomen en cuenta la Historia de la Ciencia, lo que es imperativo para generar una imagen dinámica y actualizada de la enseñanza de las ciencias. La formación y actualización de docentes en servicio debe tomar en cuenta la introducción de cursos sobre Historia y Filosofía de la Ciencia, que les permita enseñar las ciencias dentro de un contexto más significativo y estimulante para los estudiantes.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado, parcialmente, por el Consejo de Investigación de la UDO (Número de Proyecto: CI-5-1004-1002/02).

REFERENCIAS

- Ardila, C., Bracho, E., Nuñez, J., y Salazar, A. (1973). *Química General*, 1er año Ciclo Diversificado. Caracas: Ediciones Vegas, s.r.l.
- Basurco, J. A. (1975). *Química Moderna. Teoría y Práctica*. Tercer año Ciclo Básico. Venezuela: Editorial Nueva América.
- Blanco, R. & Niaz, M. (1997). 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.
- Blanco, R. & Niaz, M. (1998). Baroque tower on a gothic base: A Lakatosian reconstruction of students' and teachers' understanding of structure of the atom. *Science and Education*, 7, 327-360.
- Burk, I. (1972). *Fundamentos de Química*. 1er año Ciclo Diversificado. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Burk, I. y Soto J. (1972). *Fundamentos de Química*. 3er año Ciclo Básico. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Caballero, A. y Ramos, F. (1989). *Iniciación a la Química*. Noveno grado. Caracas: Distribuidora Escolar, S.A.
- Caballero, A. y Ramos, F. (1997). *Química*. Primer año Ciclo Diversificado. Caracas: Distribuidora Escolar, S.A.
- Christie, M. (1994). Philosophers versus chemists concerning laws of nature. *Studies in History and Philosophy of Science*, 25, 613-629.

- Dalton, J. (1810). *A New System of Chemical Philosophy*. Manchester.
- Eflin, J.T., Glennan, S., & Reisch, G. (1999). The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 107-116.
- Elkana, Y. (1974). Boltzmann's scientific research program and its alternative, in Y. Elkana (ed.), *The Interaction Between Science and Philosophy*, Humanities Press, Atlantic Highlands, NJ, pp. 243-279.
- Fernández, M. y López, D. (1993). *Química*. Noveno grado. Educación Básica. Caracas: Editorial Triángulo.
- Flores, J. (1997). *Química*. Noveno grado. Caracas: Santillana.
- Frické, M. (1976). The rejection of Avogadro's hypothesis, in C. Howson (ed), *Method and Appraisal in the Physical Sciences: The Critical Background to Modern Science, 1800-1905*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 277-307.
- Fujii, K. (1986). The Berthollet-Proust controversy and Dalton's chemical atomic theory 1800-1820. *British Journal for the History of Science*, 19, 177-200.
- Giddings, J.G. (1982). *Presuppositions in School Science Textbooks*, Unpublished doctoral dissertation, University of Iowa, Iowa City, Iowa.
- Giere, R. N. (1995). The Skeptical perspective: Science without Laws of nature, in F. Weinert (ed.), *Laws of Nature: Essays on the philosophical, Scientific and Historical Dimensions*, Walter de Gruyter: Berlin, pp. 120-138.
- González, C. y González, J. (1996). *Química*. Serie Cosmos. Noveno grado. Caracas: Editorial Excelencia.
- Ihde, A.J. (1964). *The Development of Modern Chemistry*. New York: Harper & Row.
- Irazabal, A, y de Irazabal, C. (1989). *Química Básica. Teoría y Laboratorio*. Noveno grado de educación básica. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Irazabal, A, y de Irazabal, C. (1994). *Química. Teoría y Laboratorio*. Primer año Ciclo Diversificado. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Isla, J. (1988). *Química*. Noveno grado. Caracas: Editorial Básica, S.A.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes, in I. Lakatos & A. Musgrave (eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press: Cambridge, Inglaterra, 91-195.
- Lakatos, I. (1971). History of science and its rational reconstructions, in R.C. Buck & R.S. Cohen (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*. Vol. III, D. Reidel: Dordrecht, Holanda, 91-136.

- Lederman, N.G. (1983). Delineating classroom variables related to student's conception of the nature of the science. Unpublished doctoral dissertation, Syracuse University, New York.
- Lederman, N.G. & O'Malley, M. (1990). Student's perceptions of tentativeness in science: Development, use and sources of change. *Science Education*, 74, 225-239.
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Routledge: New York.
- Meyling, H. (1997). How to change students' conceptions of the epistemology of Science. *Science Education*, 6, 397-416.
- Ministerio de Educación. (1980). *Química 3er año*, Ciclo Básico Común. Caracas.
- Ministerio de Educación. (1987). *Programa de Estudio y Manual del Docente de la Asignatura Química de Noveno grado*. Tercera etapa de Educación Básica. Caracas.
- Morales, R. A. (1980). *Química Experimental*. 1er año Ciclo Diversificado. Caracas: Editorial Larense.
- Moreno, H. (1994). *La Química en su Mano*. Noveno grado. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Moreno, H. (2000). *La Química en su Mano*. Primer año Ciclo Diversificado. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Niaz, M. (1994). Más allá del positivismo: Una interpretación Lakatosiana de la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 97-100.
- Niaz, M. (1998). 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.
- Niaz, M. (2000 a). The oil drop experiment: A rational reconstruction of the Millikan-Ehrenhaft controversy and its implications for chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Education*, 37, 480-508.
- Niaz, M. (2000 b). 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.
- Niaz, M. (2001a). 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.
- Niaz, M. (2001b). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85, 684-690.
- Niaz, M., & Rodríguez, M.A. (2001). Do we have to introduce history and philosophy of science or

is it already 'inside' chemistry? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2 (2), 159-164.

Noriega, L., Aponte, P., y Merlo, M. (1979). *Química*. 3er año Ciclo Básico Común. Caracas: Editorial Romor, C.A.

Pauling, L. (1952), *College Chemistry*, San Francisco: Freeman.

Pauling, L. (1964). *General Chemistry*. 3rd ed. San Francisco: Freeman.

Requeijo, D. y de Requeijo, A. (1995). La química a tu alcance. Noveno grado de educación básica. Segunda edición. Caracas: Editorial Biosfera.

Rocke, A.J. (1978). Atoms and equivalents: The early development of the chemical atomic theory. *Historical studies in the Physical Sciences*, 9, 225-263.

Rocke, A. J. (1984). *Chemical Atomism in the Nineteenth century: From Dalton to Cannizzaro*. Ohio State University Press: Columbus, OH.

Rodríguez G, R. (1988). *Química*. Noveno Grado. Teoría y Práctica. Caracas: Ediciones Eneva.

Rodríguez, M. (1993). *Química 9*. Librería Caracas: Editorial Salesiana S.A.

Rodríguez, M. (1995). *Química*. Primer año Ciclo Diversificado. Caracas: Librería Editorial Salesiana S.A.

Rodríguez, M. A. y Niaz, M. (1999). Conceptualización de la estructura atómica en estudiantes de cursos básicos y la licenciatura en química. *Paradigma*, 20, 133-144.

Rodríguez, R; Roldán, C; y Mondragón, J. (1994). *Química General*. Primer año. Ciclo Diversificado. Caracas: Ediciones Eneva.

Ryan, A.G. & Aikenhead, G.S. (1992). Student's preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559-580.

Serrano de B, M. y Zanella, J. (1991). *Química*. Primer año de Ciencias. Caracas: Editorial Larense.

Sienko, M.J., y Plane, R. A. (1979). *Química*. Colección Ciencia técnica. Madrid (España): Aguilar.

Sosa, S. y Rivero, J. (1995). *Química 2000. Teoría y Guía de Laboratorio*. Caracas: Editorial McGraw-Hill.

Suárez, F. (1994). *Química*. Noveno grado. Teoría. Caracas: Editorial Romor.

Suárez, F. (1997). *Química*. Primer año Ciclo Diversificado. Teoría. Caracas: Editorial Romor.

LOS AUTORES

Ysmandi Páez

Unidad Educativa “Br. Rafael Castro Machado”,
Cumaná, Estado Sucre

María A. Rodríguez y Mansoor Niaz

Grupo de Epistemología de la Ciencia,
Departamento de Química,
Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre
Cumaná, Estado Sucre

E –Mail: mrodrig@sucre.udo.edu.ve

Datos de la Edición Original Impresa

Paéz, Ysmandi; Rodríguez, María A; Niaz Mansoor. (2002, diciembre). *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, Vol. XXIII, N° 2, Diciembre de 2002 / 97 - 122