

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

Ysmandi Páez
(UE “Br. Rafael Castro Machado”)

María A. Rodríguez
(UDO)

Mansoor Niaz
(UDO)

niazma@cantv.net

RESUMEN

Recientes estudios han señalado que la interpretación que dan los textos universitarios de Química General de la evolución de la ciencia, contradice los eventos históricos. El presente estudio tiene como propósito fundamental analizar en qué grado, la imagen que presentan los textos de bachillerato sobre la evolución de los modelos atómicos, concuerda con el enfoque actual de la Historia y la Filosofía de la Ciencia. Para ello se analizaron 27 textos de Química de bachillerato (16 de noveno grado y 11 de primer año de ciencias). Se utilizaron una serie de criterios racionales (Niaz, 1998) que reflejan el enfoque actual de la Filosofía de la Ciencia y que permitieron evaluar, cualitativamente, el enfoque de los textos sobre los modelos atómicos de Thomson, Rutherford y Bohr. Los resultados confirman estudios previos, en los que se observó que los textos analizados resaltan los hechos experimentales y el uso del método científico como la vía más importante para elaborar las teorías científicas. En conclusión, la mayoría de los textos desconocen los aportes de las investigaciones más recientes sobre la enseñanza de las ciencias y utilizan la historia de la ciencia con un enfoque positivista. El estudio tiene importantes implicaciones para la reforma curricular, la elaboración de textos de Química actualizados y el desarrollo de estrategias de enseñanza más significativas para estudiantes y docentes.

Palabras clave: historia y filosofía de la ciencia; positivismo; modelos atómicos; textos de química general.

THE ATOMIC MODELS FROM THE HISTORY AND SCIENCE PHILOSOPHY PERSPECTIVE: AN ANALYSIS OF THE REFLECTED IMAGE GIVEN BY THE HIGH SCHOOL CHEMISTRY TEXTS

ABSTRACT

Recent studies have point out that the interpretation that General Chemistry college textbooks give of the science evolution, enters in contradiction with historical events. This study has as fundamental purpose to analyze to what degree the image that high school texts give on the evolution of atomic models is accurate with the History and Science Philosophy actual view. Seeking that purpose we analyzed 27 Chemistry high school texts. (16, 9th grade and 11 1st grade). A sequence of rational criteria was employed (Niaz, 1998) reflecting the actual approach of Science Philosophy that allowed us to evaluate, qualitatively, the actual focus on the atomic models of Thomson, Rutherford and Bohr. The results confirm previous studies in which the analyzed texts underline the experimental facts and the use of the scientific method as the most important way to elaborate scientific theories. Concluding, most of the texts do not know the most recent research contributions about science teaching and use the History of Science with a positivist view The study has important implications for the curricular reform, the actualized Chemistry texts and the development of teaching strategies much more significant to students and teachers.

Key words: history and science philosophy; positivism; atomic models; general chemistry texts.

Introducción

La filosofía positivista ha tenido importantes implicaciones para la elaboración del *curriculum* de la enseñanza de las ciencias en el mundo y, especialmente para la enseñanza de la Química (Gallagher, 1991; McComas *et al*, 1998). Sin embargo, a mediados del siglo XX la influencia del positivismo en la enseñanza comenzó a ser cuestionada ante la emergencia de nuevas ideas en el campo de la Filosofía de la Ciencia. Filósofos como Hanson (1958), Kuhn (1970), Lakatos (1970), Popper (1959) y Toulmin (1961) 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. Una de las grandes fallas del positivismo es el supuesto de que el conocimiento existe sin la interacción de un sujeto cognoscente. En otras palabras, el conocimiento existe más allá del científico, quien a través de sus investigaciones objetivas descubre las leyes, teorías y principios de la realidad. (Niaz, 1994).

Para la nueva filosofía de la ciencia lo que el científico observa e investiga es una construcción de la realidad de acuerdo con su formación, marco teórico y valores sociales (Glaserfeld, 1989; Piaget y García, 1989). Es decir, en la construcción del conocimiento científico, las observaciones dependen, en parte, de lo que ha sido la formación, experiencias y expectativas del observador, por lo tanto, las mismas no pueden ser tan objetivas, debido a que están impregnadas por el marco teórico del investigador. Se puede decir que esto representa una perspectiva totalmente distinta del origen del conocimiento científico, con importantes implicaciones para la enseñanza, en la medida que aporta soluciones para la crisis contemporánea de la enseñanza, reflejada en la alarmante cifra de analfabetismo científico (Matthews, 1994). Otro aspecto novedoso que plantea la Nueva Filosofía de la Ciencia, es la Metodología de los Programas de Investigación Científica (Lakatos, 1970, 1989), 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 firme, constituido por los postulados fundamentales de la teoría. El núcleo firme es convencionalmente aceptado como irrefutable por decisión provisoria de los seguidores de la teoría. Un programa de investigación también contiene un cinturón protector formado por un conjunto de hipótesis y teorías auxiliares, compatibles con el centro firme, y dos heurísticas, o conjunto de reglas metodológicas, cuya función es indicar qué rutas de investigación deben ser seguidas (heurísticas positivas) o evitadas (heurísticas negativas).

Recientes estudios han analizado la forma cómo los textos de Química General, de cursos básicos universitarios, reflejan la naturaleza de la ciencia y los procesos o eventos históricos que conducen a la elaboración del conocimiento científico. (Chiappetta *et al*, 1993; Milne, 1998; Niaz, 1998, 2000b, 2001). Las conclusiones de estos trabajos se resumen así: la mayoría de los textos presentan una interpretación positivista/inductivista de la evolución de la Química. Esta interpretación 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 muchos puntos de vista conflictivos que conducían a un aumento del poder heurístico/explicativo de las teorías.

Objetivo

Sobre la base de los antecedentes expuestos anteriormente, esta investigación tiene como propósito fundamental analizar en qué grado la imagen que presentan los textos de bachillerato de la evolución de los modelos atómicos concuerda con el enfoque actual de la historia y la filosofía de la ciencia. A diferencia de los estudios realizados en años anteriores con textos universitarios, el *corpus* de la investigación estará conformado por los textos de bachillerato (Niaz, 1998, 2000a, 2000b, 2001; Rodríguez y Niaz, 2001a, 2001b). Por lo que será interesante comparar los resultados de ambos para conocer en qué medida el enfoque de los textos de bachillerato sigue la misma tendencia, o no, de los universitarios.

Se analizaron 27 textos de Química de bachillerato (16 de noveno grado y 11 de primer año de ciencias), aplicando una serie de criterios (Niaz, 1998), que reflejan el punto de vista de la nueva Filosofía de la Ciencia, en la evolución de los modelos atómicos.

Antecedentes históricos

Para la aplicación de los criterios que permitan evaluar el tratamiento que se les da a los textos en el área de la evolución de los modelos atómicos, es pertinente analizar los hechos históricos ocurridos en este período a partir de la literatura sobre el tema. En tal sentido los trabajos de Niaz (1998, 2000a, 2000 b, 2001), constituyen un importante aporte para este tipo de análisis:

Es conveniente sugerir que la evaluación de los textos basada en los criterios de un esquema (racional) de la historia y filosofía de la ciencia puede dotar al

docente con ideas de cómo se desarrollan los modelos o teorías. La ignorancia de tales desarrollos por los textos, puede privar a los estudiantes de una oportunidad para familiarizarse con el progreso y la práctica científica. (Niaz, 1998, p. 529).

La historia de la estructura del átomo, desde finales del siglo XIX y principios del XX, demuestra que los modelos de J. J. Thomson, E. Rutherford y N. Bohr evolucionaron en rápida sucesión y tuvieron que rivalizar con modelos competitivos basados en programas de investigación rivales (Niaz, 1998). Este período histórico de la evolución del conocimiento sobre la estructura del átomo ha sido objeto de considerables debates y controversias en la literatura de la historia y filosofía de la Ciencia (Achinstein, 1991; Falconer, 1987; Heilbron, 1985; Heilbron y Kuhn, 1969; Hettema, 1995; Holton, 1986, 1993; Jammer, 1996; Kuhn, 1984; Lakatos, 1970; Popper, 1965).

Modelo atómico de Thomson

Históricamente los rayos catódicos fueron descubiertos por vez primera por Plucker en 1858 (Falconer, 1987), mucho antes de que Thomson llegase a estar interesado en ellos. El punto de vista de este investigador sobre la naturaleza de la electricidad encajaba dentro de la aceptada tradición de la electrodinámica de Maxwell. Para Thomson la electricidad era un estado tenso del éter y la descarga en los tubos de rayos catódicos era una relajación de ese estado, con una consecuente disipación de energía. En el momento en que Thomson realizó sus experimentos, estaba consciente de la controversia con respecto a la naturaleza de los rayos catódicos, la cual giraba en torno a la pregunta: ¿Eran partículas u ondas en el éter? (Achinstein, 1991; Falconer, 1987).

La controversia realmente comenzó en 1879 con el apoyo de Crookes a la teoría de partículas de los rayos catódicos. La desviación de los rayos catódicos por un campo electrostático se consideró una fuerte evidencia a favor de esta teoría. De acuerdo con Niaz (1998), los partidarios de la teoría del éter, Goldstein, Hertz y Weidemann, suministraron evidencias experimentales de que los rayos catódicos no eran desviados por un campo eléctrico, describiendo los rayos como una clase de perturbación etérea similar a la luz. De modo que la discusión sobre la naturaleza de los rayos se convierte en el principio heurístico que estimula la competencia entre programas de investigación rivales que chocan en la fase de la evidencia (Burbules y Linn, 1991; Lakatos, 1970; McMullin, 1985; Niaz, 1994).

A principios de 1897 Thomson efectuó una serie de experimentos cuyos resultados fueron publicados extensamente en la revista *Philosophical Magazine* (Thomson, 1897). Entre los aspectos resaltantes del artículo de Thomson están: 1) establece que los experimentos tienen como objetivos, específicamente, lograr alguna información en cuanto a la naturaleza de los rayos catódicos; 2) describe la controversia con respecto a la naturaleza de los rayos catódicos y se muestra inclinado a favor de la teoría de partículas; 3) explica la razón por la cual Hertz no pudo obtener una desviación de los rayos catódicos electrostáticamente, debido a que ésta podía ser obtenida solamente cuando el vacío era muy bueno, aspecto que no había sido tomado en cuenta por Hertz; 4) resume las

propiedades de los rayos catódicos y señala un aspecto fundamental de sus experimentos: los rayos catódicos son los mismos, cualquiera que sea el gas a través del cual las descargas pasan, y concluye:

Cuando los rayos catódicos transportan una carga, son desviados por una fuerza magnética en la misma forma que esta fuerza pudiera actuar sobre un cuerpo electrificado negativamente moviéndose a lo largo de la trayectoria de estos rayos, no puedo ver escapatoria a la conclusión de que ellos son cargas de electricidad negativa transportadas por partículas de materia... (Thomson, 1897, p.302).

De acuerdo con Niaz (1998), éste es el aspecto más importante del artículo de Thomson, y demuestra claramente que él visualizó que la determinación de la razón masa/carga (m/e) de los rayos catódicos podría ayudarle a identificarlos como iones o como partículas universales con carga. Thomson (1897) reportó en su artículo un valor de 10^{-7} para la razón masa/carga (m/e) de los rayos catódicos, lo que quizás pueda ser considerada la contribución experimental más importante del artículo. Esta postulación de Thomson es un reflejo de la capacidad creativa de los científicos, debido a que su autor fue más allá de la simple presentación de los resultados experimentales, mediante la especulación, proposición de hipótesis y de un modelo (cf. Niaz, 1994). Aunque otros físicos, partidarios de la teoría del éter, (Kaufmann, Schuster, y Wiechert), fueron capaces de calcular la razón masa/carga en el mismo año que Thomson, no tuvieron la capacidad de hacer predicción alguna con los resultados, debido a que mantenían el enfoque de los rayos catódicos como ondas en el éter (Niaz, 1998). Esto demuestra claramente que para la evolución de la ciencia lo más importante no son los resultados experimentales, tal como lo postula la filosofía positivista, sino los principios heurísticos o explicativos que le permiten a un programa de investigación en crecimiento, predecir hechos que son teóricamente nuevos y, por tanto, el diseño de los experimentos (Lakatos, 1970; Schwab, 1974).

Modelo atómico de Rutherford

Antes de comenzar a desarrollar la teoría del átomo nuclear, Rutherford estaba dedicado al estudio de la radioactividad, especialmente en lo referente a la naturaleza de las partículas alfa. Un problema inesperado llamó la atención de Rutherford y sus colaboradores: la dispersión de las partículas alfa, es decir, la desviación de su propia trayectoria cuando atravesaban la materia. La imaginación creadora de Rutherford desempeñó un importante papel en la resolución de un problema aparentemente secundario. Geiger y su joven ayudante Marsden asumieron el reto planteado por Rutherford: ¿por qué no analizar si cualquier partícula alfa puede ser desviada en un ángulo grande? (Goldstein, 1880; Wilson, 1983). Los hallazgos de Geiger y Marsden (1909) fueron extraordinarios: “Una pequeña fracción de las partículas alfa incidentes sobre el metal cambia su dirección en una forma tal que ellas emergen de nuevo en dirección opuesta al lugar de incidencia” (p. 495). Experimentos adicionales confirmaron el conocido fenómeno de la desviación de partículas alfa, descrito en la mayoría de los textos. Rutherford (1911) publicó su hipótesis del átomo nuclear, por primera vez, en la revista *Philosophical Magazine*, en mayo de 1911. La

controversia con el programa del átomo de Thomson se plantea desde el primer momento en el artículo:

Ha sido generalmente supuesto que la dispersión de un fino haz de rayos alfa o beta al atravesar una lámina delgada de materia se debe a la suma de una multitud de pequeñas dispersiones por los átomos de materia atravesados (p. 669).

Esta cita refleja una clara alusión al trabajo experimental de Crowther, colega de Thomson, cuyos resultados le permitieron a este último desarrollar la hipótesis de las dispersiones múltiples, como rival para la hipótesis de la dispersión simple postulada por Rutherford (Niaz, 1998). El objetivo de Thomson al establecer esta hipótesis, para explicar la desviación de las partículas alfa en un ángulo muy grande, era defender el centro firme de su programa de investigación del átomo, conocido como el “pudding con pasas”, el cual estaba siendo cuestionado por Rutherford con su hipótesis de la dispersión simple:

La teoría de Sir J. J. Thomson está basada sobre el supuesto de que la dispersión debida a un choque atómico simple es pequeña y la estructura particular asumida para el átomo no admite una desviación muy grande de una partícula alfa al atravesar un átomo sencillo, a menos que sea supuesto que el diámetro de una esfera de electricidad positiva sea mínimo comparado con el diámetro de influencia del átomo. (Rutherford, 1911, p. 670).

Así, este autor sienta las bases para su modelo del átomo nuclear. Otro aspecto importante de sus experimentos, que llamó poderosamente su atención, fue la observación de que solamente una de veinte mil partículas alfa se desvía en un ángulo grande (Rutherford, 1911). Él, como estudioso de la teoría de las probabilidades, utilizó la misma para demostrar que a) la posibilidad de que una partícula alfa sea desviada en un ángulo grande era infinitamente pequeña, con lo cual cuestionaba la teoría de las múltiples dispersiones, sostenida por Thomson para apuntalar su modelo del átomo; y b) la probabilidad de que una partícula alfa experimentara una segunda desviación era sumamente pequeña. Éstas fueron las razones precisas por las cuales Rutherford y colaboradores creyeron que la hipótesis de la dispersión simple y su modelo del átomo con un “campo eléctrico intenso” eran convincentes.

Modelo atómico de Bohr

Bohr arribó a Manchester en marzo de 1912 y luego de realizar algunos experimentos sobre radioactividad sugeridos por Rutherford, comenzó a trabajar en un proyecto para cuantizar su modelo del átomo. En julio de 1912 presentó a la consideración de este investigador un primer proyecto sobre la constitución de átomos y moléculas. Para marzo de 1913 Bohr lo sometió nuevamente a la consideración de Rutherford, después de lo cual fue publicado en la revista *Philosophical Magazine* en julio de 1913. Los aspectos más importantes del artículo son: 1) explica los experimentos de Rutherford con partículas alfa y su teoría de la

estructura del átomo; 2) describe la estabilidad paradójica que presenta el modelo de Rutherford y, aprovecha la oportunidad para descartar el modelo de Thomson:

En un intento por explicar alguna de las propiedades de la materia basado en este modelo, nos encontramos, sin embargo, con dificultades de una naturaleza seria, provenientes de la aparente inestabilidad del sistema de electrones: dificultades expresamente evitadas en modelos del átomo previamente considerados, por ejemplo, en uno propuesto por Sir J. J. Thomson (Bohr, 1913, p.2).

Para Bohr (1913), la principal diferencia entre los modelos de Rutherford y de Thomson, está en que el segundo permite a los electrones determinadas configuraciones y movimientos, para los cuales el sistema mantiene un equilibrio estable, lo cual aparentemente no existe para el modelo de Rutherford. 4) Bohr formula su postulado:

El resultado de la discusión de estas cuestiones parece ser un reconocimiento general de lo inadecuado de la electrodinámica clásica para describir la conducta de sistemas de tamaño atómico... parece necesario introducir en las leyes en cuestión una cantidad extraña a la electrodinámica clásica, es decir, la constante de Planck, o los cuantos elementales de acción como frecuentemente se llama. (Bohr, 1913, p. 2).

La importancia relativa de la explicación de la estabilidad paradójica del modelo de Rutherford y de los espectros, ha sido objeto de considerable investigación y controversia. De acuerdo con Niaz (1998):

...la interpretación del modelo del átomo de Bohr por los filósofos de la ciencia es muy instructiva para los docentes de ciencia. El principal objetivo de Bohr era explicar la estabilidad paradójica del átomo de Rutherford, sin embargo, la mayoría de los textos considera que la principal contribución de Bohr es la explicación de las series de Balmer y de Paschen de la línea espectral del Hidrógeno. (p. 539)

Lakatos (1970), suministra evidencia para apoyar este aspecto del modelo de Bohr: "...el problema de Bohr no era explicar las series de Balmer y Paschen, sino explicar la estabilidad paradójica del átomo de Rutherford. Más aún, Bohr todavía no había oído de estas fórmulas antes de escribir su primera versión de este artículo" (p. 147).

Uno de los aspectos más polémicos del modelo del átomo de Bohr es la presencia de un profundo vacío filosófico. En los estados estacionarios, el átomo obedece las leyes clásicas de la mecánica Newtoniana, por otro lado, cuando el átomo emite radiación, exhibe conducta discontinua (cuanto), de acuerdo con la primera ley propuesta por Planck en 1900 (Niaz, 1998). Rutherford fue el primero en hacerle esta observación a Bohr, en carta escrita en marzo de 1913:

...La mezcla de las ideas de Planck con la mecánica vieja hace muy difícil formar una idea física de cuál es la base de todo esto.... ¿cómo decide el electrón a qué frecuencia va a vibrar cuando pasa de un estado estacionario a otro? (reproducido por Holton, 1993, p. 80)

En líneas generales, el artículo de Bohr de 1913 tuvo una recepción bastante adversa en la comunidad científica de su época, especialmente por Thomson quien objetó la concepción del átomo de Bohr en la mayoría de sus escritos desde 1913 hasta 1936 (Holton, 1986, 1993). ¿Cuál fue la falla de Bohr? En su intento por explicar la estabilidad paradójica del átomo de Rutherford, injertó los principios de la mecánica cuántica (un programa nuevo) en la mecánica clásica newtoniana (un programa viejo), lo cual no fue comprendido por sus contemporáneos (Holton, 1986, 1993). Lakatos ha demostrado que la metodología de Bohr ha sido usada por otros científicos en el pasado y, por lo tanto, es perfectamente válida para el avance de la ciencia (Blanco y Niaz, 1998).

Criterios para evaluar los textos de Química de Bachillerato

Los criterios utilizados en esta investigación fueron tomados, con ligeras modificaciones, de un trabajo previo realizado por Niaz (1998). La aplicación de los criterios permitió la obtención de datos cualitativos para diagnosticar el enfoque de los textos con respecto a la evolución de los modelos atómicos y elaborar las conclusiones del trabajo.

Thomson 1 (T₁): *los rayos catódicos son partículas cargadas u ondas en el éter.* El texto debe explicar que los experimentos de Thomson tenían como finalidad resolver la controversia relacionada con la naturaleza de los rayos catódicos, pues son partículas cargadas (átomos, iones, moléculas) u ondas en el éter. Este criterio permite visualizar la investigación científica como la competencia entre programas rivales (Achinstein, 1991; Falconer, 1987; Lakatos, 1970; Thomson, 1897).

Thomson 2 (T₂): *la determinación de la razón masa/carga (m/e) para decidir si los rayos catódicos eran iones o partículas universalmente cargadas.* El texto debe explicar que Thomson decide medir la relación masa/carga para identificar los rayos catódicos como iones (razón no constante) o como partículas universalmente cargadas (razón constante), las que posteriormente denominó electrones (Achinstein, 1991; Niaz, 1994; Thomson, 1897).

Rutherford 1 (R₁): *el átomo nuclear.* El texto debe explicar que los experimentos de Rutherford con partículas alfa y el modelo resultante tuvieron que competir con un programa rival, específicamente el modelo del átomo de Thomson, mencionado por los textos como “el pudín con pasas” o “uvas en gelatina” (Rutherford, 1911).

Rutherford 2 (R₂): *la probabilidad de grandes desviaciones es excesivamente pequeña cuando el átomo es el centro de un campo eléctrico intenso.* El texto debe explicar que el argumento crucial que confirmó el apoyo al modelo de Rutherford no fue el gran ángulo de desviación de las partículas alfa (un importante hallazgo), sino más bien, el conocimiento

de que únicamente, 1 de 20.000 partículas se desviaron en ángulos grandes (Herron, 1977; Millikan, 1947; Rutherford, 1911).

Rutherford 3 (R₃): *desviación de partículas alfa debido a dispersiones simples.* El texto debe explicar que el objetivo de Thomson al postular su hipótesis de las dispersiones múltiples (multitud de pequeñas dispersiones que al sumarse hacían una gran desviación), era mantener y defender su modelo del átomo y explicar las grandes desviaciones de las partículas alfa. La rivalidad entre la hipótesis de Rutherford, de la dispersión simple basada en un choque sencillo, y la hipótesis de Thomson de las dispersiones múltiples, llevó a una agria disputa entre los defensores de ambos modelos (Crowther, 1910; Rutherford, 1911; Wilson, 1983).

Bohr 1 (B₁): *la estabilidad paradójica del modelo del átomo de Rutherford.* El texto debe señalar que el objetivo fundamental de Bohr era explicar la estabilidad paradójica del modelo del átomo de Rutherford, el cual constituía un programa rival para su propio modelo. El aporte fundamental de Bohr fue la cuantización del modelo atómico de Rutherford. (Bohr, 1913; Lakatos, 1970; Niaz, 1994).

Bohr 2(B₂): *explicación de las líneas espectrales del hidrógeno.* El texto debe explicar que cuando Bohr postuló su modelo cuantizado del átomo (primera versión de su artículo de 1913), no había oído aún de las fórmulas de Balmer y Paschen, para el espectro de hidrógeno. La teoría de Bohr, sin proponérselo, predijo las series espectrales de Balmer y Paschen (Bohr, 1913; Heilbron y Kuhn, 1969; Lakatos, 1970; Niaz, 1994).

Bohr 3 (B₃): *el profundo vacío filosófico.* El texto debe explicar que la incorporación, por parte de Bohr, de la teoría de los cuantos de acción de Planck a la electrodinámica clásica de Maxwell, representó una extraña “mezcla” para muchos de los contemporáneos de Bohr y los filósofos de la ciencia. Este episodio ilustra cómo los científicos, cuando enfrentan dificultades, frecuentemente recurren a tales “injertos” contradictorios (Bohr, 1913; Holton, 1986; Lakatos, 1970; Margenau, 1950).

La siguiente clasificación fue elaborada para evaluar los libros de texto:

- Satisfactorio (S): el tratamiento del criterio en los libros de texto se considera satisfactorio si el tópico es descrito considerando las implicaciones educacionales.
- Mención (M): una simple mención del criterio.
- No mención (N): ninguna mención de los tópicos implicados en el criterio.

Para validar la aplicación de los criterios, los tres investigadores analizaron todos los textos de noveno grado y de primer año de ciencias:

Textos de noveno grado: en el criterio Thomson 1 (T₁), de 13 textos que tratan el tema, hubo discrepancias en uno de ellos. En el criterio Thomson 2 (T₂), de los mismos 13 textos hubo dos discrepancias. En el criterio Rutherford 1 (R₁), coincidieron todos los textos. En

el criterio Rutherford 2 (R_2), de los 16 textos analizados hubo discrepancia en un texto. En el criterio Rutherford 3 (R_3), hubo coincidencia en todos los textos. En el criterio Bohr 1 (B_1) hubo discrepancia en un texto. En los criterios Bohr 2 (B_2) y Bohr 3 (B_3), hubo coincidencia en todos los textos.

Textos de primer año de ciencias: en los criterios Thomson 1 (T_1), Thomson 2 (T_2) y Rutherford 1 (R_1) hubo una discrepancia en cada uno de ellos. En el criterio Rutherford 2 (R_2), de los 11 textos evaluados hubo cinco discrepancias. En el criterio Rutherford 3 (R_3), hubo coincidencia total. En el criterio Bohr 1 (B_1), hubo cuatro discrepancias.

En el criterio Bohr 2 (B_2), hubo coincidencia en los once libros. En el criterio Bohr 3 (B_3) hubo una discrepancia. Todas las discrepancias fueron resueltas a través de la discusión.

Análisis de los textos y discusión de resultados Criterio Thomson 1 (T_1): éste plantea la controversia sobre la naturaleza de los rayos catódicos: ¿eran partículas con carga eléctrica o eran ondas en el éter? La tabla 1 muestra que ningún texto de química de noveno grado describe satisfactoriamente (S) o hace mención (M) de los aspectos de este criterio (T_1). Al examinar la tabla 2, se observa que solamente un texto (primer año) plantea satisfactoriamente (S) la polémica entre los defensores de las dos hipótesis. La mayoría de los textos consideran que estos experimentos condujeron al descubrimiento del electrón y sus propiedades.

A continuación se transcribe la cita de Ardila *et al* (1973) como ejemplo de una descripción satisfactoria (S) del criterio Thomson 1 (T_1):

Había dos teorías al respecto, cada una de las cuales tenía poderosos defensores. Thomson creía que los rayos catódicos eran partículas electrizadas. El punto de vista opuesto sostenía que los rayos catódicos y las partículas electrizadas eran cosas distintas. Aunque los rayos catódicos producían luminiscencia al chocar contra el vidrio, era imposible ver los electrones. El dispositivo que Thomson utilizó consistía en un tubo de vacío. En su interior se encontraban los electrodos: el cátodo, o electrodo negativo en uno de los extremos y el ánodo construido en forma de anillo en la mitad. Los rayos catódicos que parten del electrodo negativo atraviesan el ánodo (electrodo positivo) y chocan con la pared opuesta produciendo una zona de fosforescencia. Acercando un imán se produjo una desviación en la zona luminiscente. La teoría estaba comprobada: los rayos se desviaban. Luego movió el imán de manera que los rayos penetraran en una ranura practicada en el blindaje. El electroscopio conectado con el electrodo que recibía los rayos señaló corriente: los rayos catódicos eran realmente electricidad negativa. Los adversarios no se dieron por vencidos. Estaba bien que los rayos catódicos eran desviados por un imán; pero no sucedía lo mismo cuando se los sometía a la acción de un campo electrostático.... Enrique Hertz había tratado de desviar el rayo por medios electrostáticos pero no lo consiguió. Cabía una explicación: tal vez el vacío no era lo bastante grande y en el interior del tubo quedaba gas en cantidad suficiente como para permitir el paso de corriente entre las placas. Esto perturbaría el campo electrostático. Era necesario vaciar el tubo aún más y probar nuevamente. Esta vez el rayo catódico se desvió. Thomson había demostrado que los rayos catódicos son

desviados tanto por campos magnéticos como por los campos eléctricos. Esto solo podía significar una cosa: el rayo catódico no es un rayo, sino un haz de partículas cargadas eléctricamente (pp. 17-18).

Esta cita es una buena ilustración de cómo los textos de bachillerato pueden abordar algunos elementos de la historia y filosofía de la ciencia de una manera sencilla. Sin embargo, en general, los resultados obtenidos, confirman los encontrados en un estudio anterior (Niaz, 1998). Nuevamente, la mayoría de los textos se dedican a resaltar los hechos experimentales con una gran cantidad de ilustraciones y “retórica de conclusiones” (Schwab, 1974), sobre las propiedades de los rayos catódicos y otras partículas subatómicas.

Criterio Thomson 2 (T₂): la **tabla 1** muestra que, trece de los 16 textos de noveno grado ni siquiera mencionan (N) que el objetivo de Thomson, al diseñar sus experimentos para medir la relación carga/masa de los rayos catódicos, era identificarlos como iones o como partículas, universalmente cargadas, a las que posteriormente denominó electrones. Tres textos no tratan el tema. En la tabla 2, se observa que ninguno de los 11 textos de primer año, hace una descripción satisfactoria (S) del criterio Thomson 2 (T₂) y sólo dos hacen mención (M) del mismo.

Criterio Rutherford 1 (R₁): en las **tablas 1 y 2** se observa que ninguno de los 27 textos de la muestra menciona (N) los aspectos históricos contemplados en el criterio Rutherford 1 (R₁). Esto es, los experimentos de Rutherford con partículas alfa y el modelo nuclear resultante tuvieron que competir con un modelo rival, específicamente, el modelo de Thomson. Los textos analizados utilizan la “retórica de conclusiones” para explicar la forma como los experimentos con partículas alfa y sus resultados permitieron a Rutherford postular su modelo.

Criterio Rutherford 2 (R₂): la **tabla 1** muestra que ninguno de los 16 textos de noveno grado explica satisfactoriamente (S) o hace mención (M) del criterio. Los textos no enfatizan cuál fue la observación crucial que le permitió a Rutherford postular la existencia del núcleo. Por otra parte, la tabla 2 muestra que aunque ningún texto de primer año describió satisfactoriamente (S) el criterio Rutherford 2 (R₂), al menos cinco textos obtuvieron mención (M). La siguiente cita, tomada de Caballero y Ramos (1997), es un ejemplo de mención (M):

En 1909, Rutherford en colaboración con H. Geiger y E. Marsden realizó experiencias sobre la desviación de las partículas α al atravesar láminas metálicas muy delgadas....Como se esperaba, casi todas las partículas pasaron a través del metal sin desviarse de su trayectoria original, aunque sorprendentemente había una fracción de las partículas que se desviaba en forma considerable, pero más extraordinario era que una fracción muy pequeña invertía por completo su dirección... Para explicar estos resultados, Rutherford supuso en el año 1911 que el átomo debía ser en su mayor parte espacio vacío, con lo cual explicaba el paso de las partículas alfa a través del

metal siguiendo una trayectoria recta. Para justificar las grandes desviaciones, pensó que la parte positiva del átomo, y por consiguiente su masa, debían estar concentradas en un volumen reducido, al que llamó núcleo del átomo (p. 128).

Rutherford 3 (R₃): este criterio, se refiere a la polémica entre Rutherford y Thomson, una vez que el primero publicó su modelo nuclear del átomo. De acuerdo con los datos de las **tablas 1 y 2**, ninguno (N) de los 27 textos analizados menciona los aspectos del criterio. Los autores de textos omiten un aspecto importante de la historia de la ciencia: los defensores de un programa de investigación tienden a mantener el núcleo firme de su programa mediante la reforma del cinturón protector de hipótesis auxiliares (Lakatos, 1970). En el caso de Thomson, la postulación de la hipótesis de las dispersiones múltiples para explicar las grandes desviaciones observadas en el experimento de Rutherford constituye un intento por defender el núcleo firme de su modelo del átomo.

El criterio Bohr 1 (B₁): de los datos de la **tabla 1** se observa que ninguno de los 16 textos de noveno grado describe satisfactoriamente (S) este criterio. El objetivo fundamental de Bohr, al postular su modelo, fue justificar la estabilidad paradójica del modelo del átomo de Rutherford. Solamente dos textos hacen mención (M) de los aspectos del criterio. De la misma forma, la **tabla 2** muestra que ninguno de los 11 textos de primer año describe satisfactoriamente (S) el criterio. Cuatro textos hacen mención (M) y siete textos ni siquiera mencionan (N) los aspectos del criterio. Los textos que mencionan (M) el criterio, explican que Bohr aceptó y modificó el modelo nuclear propuesto por Rutherford, al introducir los postulados de la mecánica cuántica, pero no explican que lo hacía con la finalidad de cuantizar el átomo nuclear y así establecer su propio modelo. Los textos sin mención (N) contradicen los eventos históricos, señalados por el criterio, al reflejar el enfoque positivista según el cual Bohr postuló su modelo para explicar la serie espectral de Balmer y Paschen para el átomo de Hidrógeno.

El siguiente, es un ejemplo en el que se menciona (M) el criterio Bohr 1 (B₁) en uno de los textos de noveno grado:

Una pregunta curiosa que quizás ya te has hecho es: ¿por qué si los electrones y protones tienen cargas eléctricas opuestas no se atraen entre sí de modo que los electrones terminen precipitándose sobre el núcleo atómico? Sería imposible mantener la estabilidad del átomo y, por ende, la de la materia si los electrones se precipitaran sobre el núcleo. No obstante, esta pregunta se la hicieron también muchos científicos, pero el modelo de Rutherford no pudo responderla... Los científicos conocían que una partícula con carga eléctrica como el electrón pierde energía al girar. Esto, por supuesto, causaría que el electrón se precipitara sobre el núcleo y lo destruyera. Pero dado que los átomos no colapsan de esta forma, Niels Bohr propuso en 1913 su teoría como una respuesta plausible que explica la estabilidad del átomo... Bohr sugirió que los electrones al moverse dentro de una misma órbita no perdían ni

ganaban energía, por lo cual no colapsaban hacia el núcleo. (Flores, 1997, p. 153).

El siguiente es un ejemplo de mención (M), del criterio Bohr 1 (B₁), de uno de los textos de primer año de ciencias:

En 1913 Niels Bohr presentó una teoría para la estructura del átomo de hidrógeno que aportó mucho a nuestras ideas, en cuanto a lo que se refiere al comportamiento de los electrones en los átomos... Bohr basó su enfoque en el átomo nuclear de Rutherford y en la teoría de los cuantos de Planck, de que los átomos y otras partículas pequeñas sólo pueden poseer ciertas cantidades de energía definidas... La teoría de Bohr establece lo siguiente: *[Los autores presentan una explicación sencilla de los postulados de la teoría atómica de Bohr]*... El modelo atómico de Bohr pudo explicar la discontinuidad de los espectros de los elementos, debido a que acepta la emisión de energía por los átomos en porciones discretas o limitadas, llamadas cuantos de energía o fotones (Caballero y Ramos, 1997, p. 136).

Criterios Bohr 2 (B₂) y Bohr 3 (B₃): de acuerdo con las **tablas 1 y 2**, ninguno de los 27 textos de Química analizados da una explicación satisfactoria (S) o hace mención de los aspectos contemplados en los criterios Bohr 2 (B₂) y Bohr 3 (B₃). Dado el enfoque positivista que prevalece en la mayoría de los textos, estos resultados no sorprenden. Por ejemplo, para el criterio Bohr 2 (B₂), algunos de los textos señalan que éste mejoró el modelo de Rutherford al introducir los principios de la mecánica cuántica para explicar el movimiento de los electrones en órbitas fijas y las transiciones entre niveles, pero no señalan de forma explícita que ésta fue la contribución fundamental de Bohr.

Conclusiones

En líneas generales, los textos analizados mantienen un enfoque positivista de la evolución del conocimiento científico sobre los modelos atómicos, el cual no concuerda con el enfoque actual de la Filosofía de la Ciencia. Es decir, con pocas excepciones, los autores de los textos resaltan los hechos experimentales y el uso del método científico como la única vía para elaborar conocimiento científico válido, generando una visión de la ciencia como un proceso acumulativo (la dicotomía ley-teoría.) Otra evidencia es la abundancia de dibujos esquemáticos de experimentos, gráficos y fórmulas matemáticas que ilustran los textos. Se puede decir que, aun conociendo el enfoque de la nueva Filosofía de la Ciencia, los autores de textos mantienen el núcleo firme de sus creencias o teorías.

En el caso del modelo atómico de Bohr (criterios B₁, B₂, B₃) los libros, en general, presentan la secuencia: datos experimentales sobre espectros de los elementos? Ley de Balmer? Teoría de Bohr. De acuerdo a Lakatos (1970), esta secuencia representa un ascenso inductivo Baconiano (Blanco y Niaz, 1997) y es utilizado frecuentemente por los historiadores de visión positivista. Este episodio es ilustrativo de que muchas veces las teorías se construyen de una manera inconsistente/contradictoria. Los hechos históricos

muestran que Bohr al comenzar su trabajo no tenía conocimiento de la ley de Balmer y por lo tanto no podía contribuir a esta secuencia inductiva.

Finalmente se puede concluir que la incorporación de la historia y filosofía de la ciencia, no sólo presenta los hechos históricos de una manera más fidedigna, sino que estimula la curiosidad, interés y motivación de los estudiantes. Sin embargo, los textos presentan la evolución de los modelos atómicos, a partir de los datos experimentales puros (inductivismo), obviando, de acuerdo con la historia de la ciencia, los principios heurísticos y la competencia entre programas rivales que impulsaron la postulación de estos modelos.

Referencias

- Achinstein, P. (1991). *Particles and waves: Historical essays in the philosophy of science*. New York: Oxford University Press.
- Ardila, C., Bracho, E., Nuñez, J., y Salazar, A. (1973). *Química general, 1er año, ciclo diversificado*. Caracas: Ediciones Vegas, s.r.l.
- Basurco, J. (1975). *Química moderna. Teoría y práctica. Tercer año, ciclo básico*. Caracas: Editorial Nueva América.
- Blanco, R., y Niaz, M. (1997). Epistemological beliefs of students and teachers about the nature of science: From Baconian inductive ascent to the irrelevance of scientific laws. *Instruccion Science*, 25, 203-231.
- Blanco, R. y Niaz, M. (1998). Baroque tower on a gothic base: A Lakatosian reconstruction of student's and teacher's understanding of structure of the atom. *Science & Education*, 7, 327-360.
- Bohr, N. (1913). On the constitution of atoms and molecules, *Philosophical Magazine*, 26, 1-25.
- Burbules, N., y Linn, M. C. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13, 227-241.
- Burk, I. (1972). *Fundamentos de química. Primer año ciclo diversificado*. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Burk, I. y Soto, J. (1972). *Fundamentos de química. Tercer año ciclo básico*. Caracas: Ediciones Colegial Bolivariana.
- Caballero, A. y Ramos, F. (1997). *Química. Primer año, ciclo diversificado*. Caracas: Distribuidora Escolar, S.A.
- Caballero, A. y Ramos, F. (2001). *Iniciación a la química. Noveno grado*. Caracas: Distribuidora Escolar, S.A.
- Chiappetta, E. L., Sethna, G. H. y Fillman, D. A. (1993). Do middle school life science textbooks provide a balance of scientific literacy themes? *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 787-797.
- Crowther, J. G. (1910). *Proceedings of the Royal Society (vol. lxxxiv)*. London: Royal Society.
- Falconer, I. (1987). Corpuscles, electrons, and cathode rays: J.J. Thomson and the "discovery of the electron". *British Journal for the History of Science*, 20, 241-276.

- Fernández, M. y López, D. (1993). *Química noveno grado. Educación básica*. Caracas: Editorial Triángulo.
- Flores, J. (1997). *Química noveno grado*. Caracas: Santillana.
- Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teacher's knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75, 121-133.
- Geiger, H., y Marsden, E. (1909). On a diffuse reflection of the alpha particles. *Proceedings of the Royal Society (vol. LXXXII)*. London: Royal Society.
- Glaserfeld, E. Von, (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80, 121-140.
- Goldstein, E. (1880). On the electric discharge in rarefied gases. *Philosophical Magazine*, 10, 173.
- González, C., & González, J. (1996). *Química noveno grado. Serie Cosmos*. Caracas: Editorial Excelencia.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Heilbron, J. L. (1985). Bohr's first theory of the atom. In A.P. French & P.J. Kennedy (Eds.), *Niels Bohr: A centenary volume* (pp. 33-49). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Heilbron, J. L., y Kuhn, T. (1969). The genesis of the Bohr atom. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 1, 211-290.
- Herron, J. D. (1977). Rutherford and nuclear atom. *Journal of Chemical Education*, 54, 499.
- Hettema, H. (1995). Bohr's theory of the atom 1913-1923: A case study in the progress of scientific research programmes. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 26B, 307-323.
- Holton, G. (1986). *The advancement of science and its burdens*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Holton, G. (1993). *Science and anti-science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Irazábal, A., y de Irazábal, 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.
- Jammer, M. (1996). *The conceptual development of quantum mechanics*. New York: McGraw-Hill.
- Kuhn, T. S. (1984). Revisiting Planck. *Historical Studies in the Physical Science*, 14, 231-252.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. En I. Lakatos y A. Musgrave (Eds), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91-195). Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Margenau, H. (1950). *The nature of the physical reality*. New York: McGraw-Hill.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.

- McComas, W. F., Almazroa, H., y Clough, M. P. (1998). The Nature of science in science education: An introduction. *Science and Education*, 7, 511-532.
- McMullin, E. (1985). Galilean idealization. *Studies in History and Philosophy of Science*, 16, 247-273.
- Millikan, R. A. (1947). *Electrons (+ and -), protons, photons, neutrons, mesotrons, and cosmic rays* (2 ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Milne, C. (1998). Philosophically correct science stories? Examining the implications of heroic science stories for school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 175-187.
- Ministerio de Educación. (1980). *Química. Tercer año ciclo básico común*. Caracas.
- Morales, R. A. (1980). *Química Experimental. Primer 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. (2000a). 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.
- Niaz, M. (2000b). 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. (2001). How important are the laws of definite and multiple proportions in chemistry and teaching chemistry? *Science & Education*, 10, 243-266.
- Noriega, L., Aponte, P., & Merlo, M. (1981). *Química. Tercer año ciclo básico común*. Caracas: Editorial Romor, C.A.
- Piaget, J. y García, R. (1989). *Psychogenesis and the history of science*. New York: Columbia University Press.
- Popper, K. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson Press.
- Popper, K. (1965). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. New York: Harper.
- Requeijo, D., y de Requeijo, A. (1995). *La Química a tu alcance. Noveno grado, educación básica*. Caracas: Editorial Biosfera.
- Rodríguez, G. R. (1988). *Química. Noveno grado. Teoría y práctica*. Caracas: Ediciones Eneva.
- Rodríguez, M. (1993). *Química. Noveno grado*. Caracas: Librería Editorial Salesiana S.A.
- Rodríguez, M. (1995). *Química. Primer año ciclo diversificado*. Caracas: Librería Editorial Salesiana S.A.
- Rodríguez, M. (2002). *Química. Primer año ciclo diversificado*. Caracas: Librería Editorial Salesiana S. A.

- Rodríguez, M. A., y Niaz, M. (2001a). How in spite of the rhetoric, history of chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks. *Science & Education*, 11, 1-19.
- Rodríguez, M. A. y Niaz, M. (2001b). Experimento de la gota de aceite en manuales de laboratorio de física: una perspectiva basada en la historia y filosofía de la ciencia. *Revista de Educación en Ciencias*, 2, 81-84.
- Rodríguez, R., Roldán, C. y Mondragón, J. (1994). *Química General. Primer año ciclo diversificado*. Caracas: Ediciones Eneva.
- Rutherford, E. (1911). The Scattering of alpha and beta particles by matter and the structure of the atom, *Philosophical Magazine*, 21 (series 6), 669-688.
- Schwab, J. J. (1974). The concept of the structure of a discipline. In E.W. Eisner & E. Vallance (Eds.), *Conflicting conceptions of curriculum*. Berkeley, CA: McCutchan. (Original work published 1962).
- Serrano de B, M. y Zanella, J. (1991). *Química. Primer año de ciencias*. Caracas: Editorial Larense.
- Sosa, S., y Rivero, J. (1995). *Química 2000. Teoría y guía de laboratorio*. Caracas: McGraw -Hill.
- Suárez, F. (1994). *Química. Noveno grado. Teoría*. Caracas: Editorial Romor.
- Suárez, F. (1997). *Química. Primer año ciclo diversificado. Teoría*. Caracas: Editorial Romor.
- Thomson, J. J. (1897). Cathode rays. *Philosophical Magazine*, 44, 293-316.
- Toulmin, S. (1961). *Foresight and understanding*. Bloomington, IN: Indiana University Press.
- Wilson, D. (1983). *Rutherford: Simple genius*. Cambridge, MA: MIT Press.

ANEXOS

TABLA 1. EVALUACIÓN DE LOS TEXTOS DE NOVENO GRADO (n = 16) DESDE LA PERSPECTIVA DE LA HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

No	Textos	Criterios							
		T_1	T_2	R_1	R_2	R_3	B_1	B_2	B_3
01	Basurco (1975)	N	N	N	N	N	N	N	N
02	Burk y Soto (1972)	-	-	N	N	N	N	N	N
03	Caballero y Ramos (2001)	-	-	N	N	N	N	N	N
04	Fernández y López (1993)	N	N	N	N	N	N	N	N
05	Flores (1997)	N	N	N	N	N	N	N	N
06	González y González (1996)	N	N	N	N	N	N	N	N
07	Irazábal y Irazábal (1989)	N	N	N	N	N	N	N	N
08	Isla (1988)	N	N	N	N	N	N	N	N
09	Ministerio de Educación (1980)	N	N	N	N	N	N	N	N
10	Moreno (1988)	N	N	N	N	N	N	N	N
11	Noriega <i>et al.</i> (1981)	N	N	N	N	N	N	N	N
12	Requeijo y Requeijo (1995)	N	N	N	N	N	N	N	N
13	Rodríguez (1988)	N	N	N	N	N	N	N	N
14	Rodríguez (1993)	N	N	N	N	N	N	N	N
15	Sosa y Rivero (1995)	N	N	N	N	N	N	N	N
16	Suárez (1994)	N	N	N	N	N	N	N	N

Notación:

T_1 y T_2 : Criterios 1 y 2 del modelo atómico de Thomson.

R_1 , R_2 y R_3 : Criterios 1, 2 y 3 del modelo atómico de Rutherford

B_1 , B_2 y B_3 : Criterios 1, 2 y 3 del modelo atómico de Bohr.

S: satisfactorio; M: mención; N: no menciona el criterio.

(-): El texto no trata el tema.

TABLA 2. EVALUACIÓN DE LOS TEXTOS DE PRIMER AÑO (n = 11) DESDE LA PERSPECTIVA DE LA HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

No	Textos	T_1	T_2	R_1	R_2	R_3	B_1	B_2	B_3
01	Ardila <i>et al.</i> (1973)	S	M	N	M	N	N	N	N
02	Burk (1972)	N	N	N	N	N	N	N	N
03	Caballero y Ramos (1997)	N	N	N	M	N	M	N	N
04	Irazábal (1994)	N	N	N	N	N	N	N	N
05	Morales (1980)	N	N	N	M	N	N	N	N
06	Moreno (2000)	N	N	N	N	N	M	N	N
07	Rodríguez (1995)	N	N	N	N	N	N	N	N
08	Rodríguez (2002)	N	N	N	N	N	N	N	N
09	Rodríguez <i>et al.</i> (1994)	N	M	N	M	N	M	N	N
10	Serrano y Zanella (1987)	N	N	N	N	N	N	N	N
11	Suárez (1997)	N	N	N	M	N	M	N	N

Notación:

T₁ y T₂: Criterios 1 y 2 del modelo de Thomson;

R₁, R₂ y R₃: Criterios 1, 2 y 3 del modelo de Rutherford;

B₁, B₂ y B₃: Criterios 1, 2 y 3 del modelo de Bohr;

S: satisfactorio; M: mención; N: no menciona el criterio.