

O MODELO ATÔMICO DE ERNEST RUTHERFORD: do saber sábio ao saber Educativo apresentado nos livros escolares.

THE ERNEST RUTHERFORD ATOMIC MODEL. Of wise to school knowledge presented in the textbooks. Cuellar, L¹., Pérez. R². y Quintanilla, M³.

¹Doctorado en Ciencias de la educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, lhcuesta@uc.cl

²Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional, royman@pedagogica.edu.co

³Doctorado en Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, mquintag@uc.cl

RESUMO

En esta investigación se presentan aspectos relacionados con la transposición didáctica del modelo atómico de Ernest Rutherford y el análisis de la confiabilidad de los libros de texto más utilizados por profesores de química en ejercicio de algunos colegios de Bogotá, en educación Media, lo mismo que de las Facultades de Formación de Licenciados en Química de las Universidades Pedagógica Nacional y Distrital de Bogotá, desde un análisis histórico-epistemológico. A partir del estudio de los documentos originales se establecieron diez criterios de análisis, clasificados en cinco categorías, los cuales fueron validados por especialistas y fueron la base para determinar la relación existente entre lo que propuso Ernest Rutherford en relación con la estructura del átomo y lo que se socializa en el sistema educativo colombiano, a través de los libros de texto.

PALABRAS CLAVE

Transposición didáctica, Historia de las ciencias, Enseñabilidad, libros de texto.

Abstract

This investigation presents aspects related to the didactic transposition of the Ernest Rutherford atomic model and the analysis of the trustworthiness of text books more frequently used by chemistry teachers in secondary schools in Bogota, and in Chemistry Teacher Training programs in the National Pedagogical University and Distrital University of Bogotá, from an historical-epistemologic analysis. From the study of original documents, ten criteria of analysis were established, classified in five categories, which were validated by experts and were the base to determine the existing relation between Ernest Rutherford's proposition in relation to the structure of the atom, and what is socialized in the Colombian education system, through text books.

KEYWORDS

Didactic transposition, Science history, textbooks, science teaching.

INTRODUCCIÓN

De conformidad con los resultados obtenidos en el análisis de la confiabilidad de los textos, se encontró que la ciencia que se presenta en ellos, corresponde a una visión de ciencia como una actividad alejada de una realidad que puede ser considerada a partir del reconocimiento del contexto histórico en el que los científicos presentan sus propuestas. En la investigación adelantada se corroboró positivamente que en el sistema educativo colombiano, la socialización del modelo atómico propuesto por Rutherford no obedece a una mirada histórico-epistemológica de mismo.

Uno de los problemas que se formula dentro de la nueva didáctica de las ciencias experimentales, tiene que ver con la solución a las preguntas ¿Qué ciencia se enseña? Y ¿Desde dónde se enseña?. Ellas, remiten en principio a las intencionalidades curriculares y a los contenidos de los libros de texto, desde los cuales los profesores en ejercicio socializan las ciencias dentro del sistema educativo. Si bien la Transposición Didáctica (Chevallard, 1985), no necesariamente conduce a la elaboración de tales textos, es ella la que media como proceso entre la ciencia que practican los científicos y las que se trabajan en las instituciones educativas.

De acuerdo con lo anterior, dentro del conjunto de problemas que formulan e intentan resolver los especialistas en didáctica de las ciencias, el constituido por los anteriores interrogantes hace parte de los que han de resolverse desde la rigurosidad investigativa, en virtud de que la clase de aproximación que los estudiantes de un país tengan hacia las ciencias y los procesos mediante los cuales ellas se producen y desarrollan, dependerán de la clase de Transposición Didáctica (Chevallard, 1985) que se lleve a cabo.

MARCO DE REFERENCIA

Para los autores, como es señalado por Díaz (2003), el reconocimiento del ámbito científico conlleva el reconocimiento del ámbito socio-histórico-cultural en el que se presentan las interacciones entre los investigadores, de lo cual se deriva la relevancia del conocimiento de la historia y la filosofía de la ciencia en general, y de la química en particular, para así identificar los obstáculos epistemológicos que han permitido la formulación de nuevas propuestas a partir de las cuales deviene su avance.

Un elemento que puede formularse, es el referente a la confiabilidad de los libros textos. En Colombia, el libro de texto se ha convertido en el material más utilizado como modelo de currículo (Corena, 2002).

Este componente, la confiabilidad de los textos, emerge del análisis que puede establecerse entre el conocimiento científico, presentado en los artículos originales, propuestos por sus autores en sus ámbitos de creación y el conocimiento escolar, recogido en los textos escolares. En este campo, según se ha establecido en forma más profunda en la revisión de los antecedentes, se han adelantado análisis de textos, desde diferentes perspectivas y con diferentes objetivos (Ibarra y Gil, 2001; Gándara, Gil y Sanmartí, 2002; Páez, Rodríguez y

Niaz, 2002; Muñoz y Bertomeu, 2003; González, García y Martínez, 2003; Jiménez y Perales, 2001; Perales y Jiménez, 2002).

OBJETIVOS

- Indagar acerca de cuales son los libros de texto más usualmente empleados por los profesores de química de Universidades y Colegios seleccionados.
- Establecer las relaciones conceptuales que existen entre lo planteado por Rutherford y los contenidos correspondientes en los textos didácticos seleccionados, desde los análisis histórico-epistemológicos específicos.
- Elaborar instrumentos conceptuales y metodológicos para caracterizar y dar cuenta de las relaciones anotadas.

METODOLOGÍA Y MUESTRA

A partir del estudio histórico-epistemológico de los documentos originales en los que Ernest Rutherford presentó su propuesta sobre la estructura del átomo, se elaboró el instrumento para la recogida de datos, en el que se incluyen los diez criterios (anexo 1), clasificados en cinco categorías de análisis (anexo 2), a partir de lo cual pudo establecerse la imagen de ciencia que se socializa en el sistema educativo colombiano. Para tal efecto, se seleccionaron quince libros de texto, diez de Educación Superior, los más utilizados en las Universidades Pedagógica Nacional y Distrital de Bogotá (U1 a U10) y cinco de Educación Media (S1 a S5). Para cada uno de esos libros de texto se elaboró un análisis riguroso sobre la forma como es presentado la formulación de Ernest Rutherford, teniendo como referente lo postulado por este científico, de conformidad con los criterios establecidos y validados por especialistas en historia y epistemología de las ciencias, para lo cual se tuvo en cuenta las valoraciones de: Menciona Satisfactoriamente (S), Menciona (M) y No Menciona (N). Ver tabla 1 y tabla 2.

Tabla 1. Evaluación de los libros de texto (LT) de educación media. Tabla 2. Evaluación de los libros de texto de E. Superior

Libro Texto	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9	C 10
S1	N	N	S	N	N	N	M	N	N	M
S2	N	N	N	N	M	N	S	M	N	S
S3	N	N	S	N	N	N	N	M	N	S
S4	N	N	M	N	N	N	N	M	N	N
S5	N	N	N	M	N	N	N	N	N	N

Nota: C1 al C10: criterios establecidos a partir del estudio histórico-epistemológico de los documentos originales.

N: No menciona M: Menciona S: Menciona satisfactoriamente

(-) el texto no trata el tema.

Libro Texto	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9	C 10
U1	N	M	M	N	M	N	N	M	N	M
U2	N	N	M	N	M	N	N	M	N	S
U3	-	-	-	-	-	-	-	M	S	S
U4	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
U5	N	N	M	N	M	N	M	S	M	S
U6	N	N	S	N	M	N	M	S	M	S
U7	N	N	N	N	N	N	N	M	N	M
U8	N	N	M	N	M	M	M	M	M	M
U9	N	N	N	N	N	M	M	M	M	N
U10	N	N	M	N	M	N	M	M	M	N

EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LOS LIBROS DE TEXTO: RESULTADOS.

De conformidad con los resultados obtenidos (tablas 3 y 4), puede afirmarse que los libros de texto no dan importancia al reconocimiento de los aportes presentados como apoyo a la formulación de nuevos modelos científicos, el 70% de ellos no reconocen antecedentes a la propuesta de E. Rutherford. En el mismo sentido, estos libros de texto transmiten los conceptos con un carácter únicamente descriptivo, sin permitir una reflexión crítica acerca de cada hecho o propuesta, el 90% de los textos no explican los planteamientos formulados; presentan, además, las corroboraciones experimentales como experimentos únicos de los que inmediatamente se obtenían los resultados esperados, 65% lo presenta así, y la totalidad de ellos desconoce el progreso científico como una actividad comunitaria y la presenta como obra de algunos pocos científicos ilustres.

Se pudo observar una mayor rigurosidad en el desarrollo de la temática del modelo atómico propuesto por E. Rutherford en los libros de texto utilizados en educación superior. No obstante, sólo uno de los diez libros reportados como los más utilizados es uno especializado en el tema, además que ninguno de los profesores entrevistados hizo alusión a la utilización de los documentos originales en los que este científico presentó sus investigaciones.

El 55% de los textos analizados no menciona antecedentes; de la misma forma que aparece más importante el nivel descriptivo de los modelos formulados, 63% no alcanza niveles explicativos ni de reflexión crítica acerca de la formulación de esos nuevos modelos científicos. El 57% presenta las corroboraciones experimentales como experimentos aislados y únicos, suficientes para validar o sustituir una teoría o modelo científico vigente y apenas un 17% las presenta como parte de las corroboraciones experimentales inscritas bajo un programa de investigación.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS.

A partir del estudio de la transposición didáctica, se ha propuesto en esta investigación, que ésta se encuentra directamente relacionada con la problemática de la enseñabilidad de las ciencias y que involucra por lo menos tres componentes fundamentales: las intencionalidades curriculares, los modelos didácticos y *la confiabilidad o el análisis de los libros de texto*.

Así pues, se reconoce la importancia de este último componente y sobre ello se plantea que la utilización del libro de texto en el sistema educativo colombiano, en los niveles de educación media y superior, es muy frecuente, tanto por estudiantes como por profesores - aquellos quienes colaboraron con la información requerida para este trabajo de investigación, manifestaron su utilización permanente – y se encontró que en ocasiones suele ser la fuente primaria de información en ambos casos, razón por la cual es importante

conocer la forma como son presentadas las teorías o modelos científicos que han de ser objeto de trabajo en el aula y establecer en forma rigurosa la coherencia con lo planteado y validado por la comunidad de especialistas.

En lo que respecta a la utilización de los libros de texto en la enseñanza media pudo determinarse que los más utilizados por los profesores de química de los colegios seleccionados corresponden a aquellos en los que los contenidos o áreas temáticas están “ajustados” a los estándares curriculares y a las competencias establecidas por el Ministerio de Educación Nacional.

De lo anterior puede derivarse el hecho de que siguen siendo las editoriales aquellas que determinan qué elementos del saber han de ser socializados en el aula de clase y el profesor, debido al desconocimiento de la historia de la disciplina que enseña, no puede negarse a este hecho.

De conformidad con los resultados obtenidos, puede establecerse que los libros de texto no dan importancia al reconocimiento de los aportes presentados como apoyo a la formulación de nuevos modelos científicos, el 70% de ellos no reconocen antecedentes a la propuesta de E. Rutherford. En el mismo sentido, estos libros de texto transmiten los conceptos con un carácter únicamente descriptivo, sin permitir una reflexión crítica acerca de cada hecho o propuesta, el 90% de los textos no explican los planteamientos formulados; presentan, además, las corroboraciones experimentales como experimentos únicos de los que inmediatamente se obtenían los resultados esperados, 65% lo presenta así, y la totalidad de ellos desconoce el progreso científico como una actividad comunitaria y la presenta como obra de algunos pocos científicos ilustres.

Así pues, se establece una visión de ciencia como una actividad simplificada, individual, absolutista y reduccionista (Quintanilla, 1999), alejada de una realidad que puede ser considerada a partir del acercamiento al reconocimiento del contexto histórico en el que cada uno de estos científicos presentó sus respectivas propuestas.

En lo que tiene que ver con el análisis de los libros de texto más utilizados en los programas de formación inicial de licenciados en química de las Universidades Pedagógica Nacional y Distrital “Francisco José de Caldas” vale la pena mencionar en primera instancia que existe una diferenciación entre las perspectivas bajo las cuales la enseñanza de la estructura de la materia en general, y del modelo atómico propuesto por E. Rutherford en particular, se lleva a cabo.

Según el reporte de la bibliografía más frecuentemente utilizada por los profesores de *Teorías Química I* (UPN) y *Química general I* (UD), la temática objeto de análisis, el modelo atómico propuesto por E. Rutherford, se trabaja desde una perspectiva histórico-epistemológica, en el caso de la UPN y desde una perspectiva más ligada a aspectos disciplinares, en el caso de la UD.

Sin embargo, en el análisis no se enfatizó en este hecho, ni se hizo discriminación de estos libros de texto, puesto que se quiso evaluar fue la confiabilidad de los libros en cuanto a la

propuesta de E Rutherford y no se pretendía hacer una comparación entre las fuentes bibliográficas utilizadas por las universidades en mención.

De acuerdo a los resultados obtenidos, como era de esperarse, se pudo observar una mayor rigurosidad en el desarrollo de la temática del modelo atómico propuesto por E. Rutherford en los libros de texto utilizados en educación superior. No obstante, cabe resaltar, que sólo uno de los diez libros de texto reportados como los más utilizados es un libro especializado en el tema, y que ninguno de los profesores entrevistados hizo alusión a la utilización de los documentos originales en los que este científico presentó sus investigaciones.

Así pues, sigue predominando el hecho de no dar mayor importancia a los trabajos como antecedentes a cada formulación de los modelos científicos, 55% de los textos no menciona antecedentes; de la misma forma que aparece más importante el nivel descriptivo de los modelos formulados, 63% no alcanza niveles explicativos ni de reflexión crítica acerca de la formulación de esos nuevos modelos científicos. El 57% de los libros de texto analizados presenta las corroboraciones experimentales como experimentos aislados y únicos, suficientes para validar o sustituir una teoría o modelo científico vigente y apenas un 17% las presenta como parte de las corroboraciones experimentales inscritas bajo un programa de investigación.

Ahora bien, existe una mayor disposición a presentar el trabajo científico como un actividad comunitaria y se hace mayor referencia a las inconsistencias que presentaban los modelos científicos que posteriormente posibilitaron la formulación de nuevas propuestas.

En términos generales, pudo corroborarse positivamente el hecho de que en el sistema educativo colombiano, la socialización del modelo atómico propuesto por E. Rutherford no obedece a una mirada histórico-epistemológica de mismo, identificable a partir del reconocimiento de los documentos originales en los que este científico presentó sus propuestas.

Habría que mencionar que los libros de texto analizados, aquellos que se alejan de una perspectiva histórico-epistemológica, introducen errores conceptuales, lo que no los hace confiables y en definitiva se alejan de lo validado y aceptado por la comunidad de especialistas.

Finalmente se menciona que el instrumento utilizado para dar cuenta de la validez de las categorías de análisis, y más específicamente de los criterios establecidos, fue sometido a juicio de especialistas en este tipo de investigaciones – Mansoor Niaz de la Universidad de Suroriente en Venezuela y Juan Carlos Orozco de la Universidad Pedagógica Nacional y como resultado de ello, se aceptaron y validaron como instrumento de recolección de la información.

RECOMENDACIONES

A manera de recomendaciones, se propone que más allá de establecer la validez o no de la utilización de los libros de texto analizados en el aula de clase, se identifica la necesidad de que el profesor, en su ejercicio docente, reformule las concepciones epistemológicas,

pedagógicas y didácticas que orientan su actividad, para convertirse en un investigador crítico que permanentemente esté en comunicación con lo aceptado por la comunidad de especialistas, a partir de lo cual, en la revisión de la historia interna de cada teoría o modelo científico, identifique los principales obstáculos epistemológicos cuyo salto permite el aumento cada vez mayor del poder heurístico-explicativo de las teorías (Páez., Rodríguez y Níaz, 2002) que son socializadas en el sistema educativo colombiano.

Así pues, en ese análisis crítico de las teorías o modelos científicos que se hacen objeto de trabajo en el aula de clase, el libro de texto no ha de convertirse en la única fuente primaria de información, sino que además ha de acudir a las formulaciones originales de los investigadores y que a partir de ellas, se reelaboren y reinterpreten las diferentes propuestas presentadas por parte del colectivo aula.

Por otra parte, el docente a partir del análisis crítico de los libros de texto, y de su tradicional utilización en el aula de clase, como medio transmisor de conocimiento absoluto y acabado, ha de estar dispuesto a proponer, tal y como lo señala Campanario (2001; 2003), nuevas actividades en clase, para aprovechar los errores e imprecisiones que aparecen en los libros de texto que dispone como recurso en el aula.

BIBLIOGRAFÍA

Campanario, J. (2003) De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 161-172.

Campanario, J. (2001) ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 351-363.

Corena, J. (2002). 20 preguntas a la enseñanza de las ciencias naturales en la universidad colombiana. Una aproximación al trabajo cotidiano del docente en las aulas. *Revista Educación en Ciencias e Ingeniería*. Vol. 1 N° 2. p 3-11.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné.* Grenoble, La Pensée Sauvage.

Díaz, T. (2003). La interpretación histórico-cultural de la transposición didáctica como puente de emancipación del aprendizaje y la enseñanza. *Revista Praxis*. N° 3. 37-56.

Gándara, M., Gil, M. y Sanmartí, N. (2002) Del modelo científico de <adaptación biológica> al modelo de <adaptación biológica> en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 303-314.

González, C., García, S. y Martínez, L. (2003) ¿A qué contenidos relacionados con la fotosíntesis dan más importancia los textos escolares de secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 77-88.

Ibarra, J. y Gil, J. (2001) Análisis de la transposición didáctica de la sucesión en los ecosistemas en los libros de texto de la ESO: Implicaciones en las concepciones sobre la conservación de la naturaleza. Enseñanza de las Ciencias, Número extra VI congreso.

Jiménez, J. y Perales, J. (2001) Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. Enseñanza de las Ciencias, 19 (1), 3-19.

Muñoz, R. y Bertomeu, J. (2003) La historia de la ciencia en los libros de texto: La(s) hipótesis de Avogadro. Enseñanza de las Ciencias, 21 (1), 147-159.

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. Ed. 82, 527-552.

Páez, Y., Rodríguez, M y Niaz, M. (2002) 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. Revista Paradigma, Vol XXIII, N° 2, 97-122.

Perales, J. y Jiménez, J. (2002) las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. Enseñanza de las Ciencias, 20 (3), 369-386.

Quintanilla, M. (1999). El dilema epistemológico y didáctico del currículum de la enseñanza de las ciencias. ¿Cómo abordarlo en un enfoque CTS? Revista Pensamiento Educativo Vol. 25. 1999 Facultad de Educación PUC.ISSN 0717-1013

Anexo 1. Criterios y descriptores para la evaluación de los libros de texto de química referidos a los “estudios de E.Rutherford”

Criterio	Descriptor
1	Planteamientos de Lord Kelvin <William Thomson> (1902), como antecedentes del trabajo de Joseph J. Thomson (1904).
2	Los electrones se encuentran en movimiento dentro del átomo.
3	Se reconoce la importancia de los descubrimientos de la radiactividad como antecedentes fundamentales en la propuesta de Rutherford.
4	Los materiales radiactivos disparan partículas alfa y beta contra la lámina de oro del experimento de Geiger y Marsden.
5	Según el modelo de Thomson, los rayos alfa y beta solo sufrirían pequeñas dispersiones al atravesar la lámina del material.
6	Diferentes posibilidades dentro de las cuales fueron desarrollados los experimentos de Geiger y Marsden y sus respectivas interpretaciones
7	Explicación de E. Rutherford acerca de la deflexión de las partículas alfa bombardeadas a la lámina de metal.
8	Acerca de la teoría del núcleo del átomo (Rutherford, 1911).
9	Desarrollo colectivo del conocimiento científico.
10	Inconsistencias del modelo atómico de Rutherford que llevaron a Niels Bohr a proponer su modelo.

Anexo 2. Relaciones entre los criterios vinculantes y las tipologías que describen “las categorías de análisis” en los libros de texto

Categorías de análisis	Criterios vinculantes	Tipologías referidas a los criterios vinculantes
A	1 y 3	antecedentes a los trabajos realizados:
B	2,4 y 5	explicación a los planteamientos formulados
C	6,7 y 8	diversas posibilidades de interpretación de los hechos

D	9	evidencia del trabajo científico en comunidad
E	10	Identificación de inconsistencias como gestoras de reformulaciones conceptuales: