

EL MODELO ATÓMICO DE E. RUTHERFORD. DEL SABER CIENTÍFICO AL CONOCIMIENTO ESCOLAR

CUÉLLAR FERNÁNDEZ, LUIGI¹, GALLEGO BADILLO, RÓMULO² y PÉREZ MIRANDA, ROYMAN²

¹ Magister en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional. Doctorante en Ciencias de la Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile

² Profesores Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D.C., Colombia

lhcuella@puc.cl

rgallego@uni.pedagogica.edu.co

royman@uni.pedagogica.edu.co

Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos - Grupo IREC

Resumen. Se presentan aquí los resultados de una investigación relacionada con la transposición didáctica del modelo atómico de E. Rutherford y el análisis de la confiabilidad de los libros de texto más utilizados por profesores de química en ejercicio, de dos programas de formación inicial de profesores de química de dos universidades públicas de Bogotá, y por profesores de educación media de algunos colegios de Bogotá. Para el análisis se establecieron diez criterios que se clasificaron en cinco categorías.

Palabras clave. Transposición didáctica, historia de las ciencias, enseñabilidad, confiabilidad de los textos de enseñanza.

The E. Rutherford atomic model. From scientific to school knowledge

Summary. This paper presents the results of research focused on the didactic transposition of the Rutherford atomic model and the analysis of the reliability found in the textbooks that are commonly used by inservice teachers of Chemistry Education programmes at two public universities and teachers at a number of secondary schools in Bogotá. Ten criteria were established to be classified in five categories.

Keywords. Didactic transposition, science history, teaching, textbook reliability.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad y desde la nueva didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2002), el estudio de los textos de enseñanza ha sufrido modificaciones significativas en cuanto a la metodología que venía imperando. Son objeto de investigación los fundamentos histórico-epistemológicos, didácticos y pedagógicos de tales textos. Entre otros aspectos, se revisan las transposiciones que en ellos se realizan de las teorías o modelos científicos, para su socialización entre profesores y el estudiantado de ciencias. En estas revisiones sistemáticas se busca determinar cuánto se acercan o se alejan tales transposiciones de los artículos originales en que esas teorías o modelos fueron propuestos y aceptados por la respectiva comunidad de especialistas.

En efecto, en la bibliografía consultada, se encontró un trabajo que parte de la idea de que del «saber sabio» al «saber enseñado» existe una distancia, que refleja la diferencia entre el producto resultante del quehacer de los científicos y los conocimientos que llegan al aula (Ibarra y Gil, 2001). Otro estudia las dificultades que plantea la transposición del modelo de «adaptación biológica» a los libros de secundaria obligatoria en España; dificultades que pueden ayudar a comprender que falta consenso para establecer qué se quiere que un estudiante responda cuando se le pregunta por «adaptación biológica» (De la Gándara, Gil y Sanmartí, 2002).

En lo tocante a la idea que transmite un conjunto de textos de enseñanza sobre la ley de las proporciones

definidas y la de las proporciones múltiples, se sostiene que éstos mantienen un enfoque positivista del desarrollo de la teoría atómica de Dalton y, además, que generan una visión acumulativa de la ciencia (Páez, Rodríguez y Niaz, 2002). En este orden de ideas, a partir de la revisión de documentos originales, al contrastar la hipótesis de Avogadro con la imagen que los textos de enseñanza ofrecen de la contribución de este científico, se indica que esta imagen no se corresponde con lo aceptado por los historiadores de la ciencia (Muñoz y Bertomeu, 2003).

En cuanto a lo didáctico, un artículo analiza los contenidos sobre fotosíntesis incluidos en las diferentes unidades didácticas de los libros de texto de ciencias para la ESO, encontrando que los conceptos son presentados de manera declarativa y por fuera de las actividades escolares que estos textos proponen; actividades éstas que sólo se dirigen a la aplicación de la teoría. Priorizan, además, el nivel pluricelular frente al celular (González, García y Martínez, 2003). Otro de los estudios afirma que la gran mayoría de los textos de enseñanza son elaborados dentro del paradigma habitual de la transmisión verbal y la repetición memorística de contenidos curriculares. Reconoce la existencia de ciertas modificaciones, ya que en la actualidad están compitiendo dos tendencias, la tradicional y la de corte constructivista (Jiménez y Perales, 2001).

Por otro lado, un trabajo relativo a las imágenes e ilustraciones en los textos de enseñanza puntualiza que es habitual la identificación y caracterización de los errores conceptuales que transmiten. Sin embargo, tales estudios no le otorgan suficiente importancia al análisis de las ilustraciones, desde la perspectiva de las deficiencias e incoherencias que pueden presentar. Señala que tales imágenes e ilustraciones, de ser incoherentes, se convierten en elementos que podrían aumentar el riesgo de interpretaciones erróneas (Perales y Jiménez, 2002).

En el marco de este nuevo campo de investigación didáctica, se propuso, entonces, comparar algunos textos de enseñanza de uso más frecuente entre ciertos profesores de química, del nivel medio del sistema educativo colombiano, y de docentes de los primeros semestres de dos programas académicos para la formación inicial de profesores de esta ciencia. La pregunta directriz fue: ¿Desde qué versiones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas se han realizado, en esos textos, las transposiciones del modelo atómico de E. Rutherford? Para responderla había que acudir a la revisión de los originales en que fue propuesto dicho modelo.

DE LA HISTORIA Y DE LA EPISTEMOLOGÍA

La preocupación por la historia de las ciencias se inicia prácticamente en los comienzos del siglo xx. T.S. Kuhn (1972) establecerá que todo examen epistemológico tiene necesariamente que apoyarse en revisiones históricas. Por su parte, Lakatos (1983) puntualizará que sólo se pueden elaborar reconstrucciones racionales de la historia de las ciencias y que esas reconstrucciones van acompañadas de posicionamientos epistemológicos. De

esta manera, no hay una historia sino versiones de la misma. En este orden de ideas, es pertinente establecer que la sola mención de los nombres de los científicos como autores de una teoría o modelo no puede aceptarse como una referencia histórica.

En cuanto a los análisis epistemológicos, cabe anotar que éstos pueden hacerse desde una mirada general, en la que se califican las posiciones empiristas, positivistas, racionalistas, deductivistas y constructivistas, entre otras. Habría una epistemología específica, cuyos análisis se centrarían en la lógica y el lenguaje de la estructura conceptual de cada teoría o de cada modelo científico, de los problemas formulados y resueltos en el interior de la misma, contrastados positivamente o no por resultados experimentales concretos. En esta perspectiva, ese análisis daría cuenta de las razones por las cuales una teoría o un modelo fue sustituido por otro. La formulación y cambio de los respectivos modelos atómicos, dentro del Grupo de Manchester, podría tomarse como un ejemplo admisible de lo expuesto en este párrafo.

De ser así, en la transposición didáctica del modelo de Rutherford, se esperaría que los textos de enseñanza, de conformidad con el nivel educativo a que están dirigidos, ubicaran histórica y epistemológicamente dicho modelo; esto es, explicitaran el contexto en el que se hizo necesario, a la vez que los problemas teóricos a que dio lugar y que condujeron a sustituirlo, por un breve período, por el semicuántico de Bohr.

Anótese que los estudios histórico-epistemológicos han conducido a concluir que la categoría de teoría, presente en las propuestas de Popper (1962), Kuhn (1972) y Lakatos (1983), es propia del estatuto científico de la física, en los términos en que desde Newton comenzaron a formularse esas teorías. Tales teorías se estructuran, en general, por definiciones, postulados, demostraciones y corolarios (Torres Assis, 1998). Si se examina el estatuto científico de ciencias como la química y la biología, se concluye que éstas no han sido construidas empleando esta categoría epistemológica. Para resolver esta problemática se ha recurrido a la de modelo científico (Gieré, 1990; Lombardi, 1998; Caldin, 2002). Los tratadistas clasifican los modelos en gráficos o icónicos, analógicos y simbólicos. Señálese que tanto Gieré como Lombardi son físicos, mientras que Caldin es químico.

EL MODELO ATÓMICO DE RUTHERFORD

En un artículo anterior (Uribe y Cuellar, 2003), se hizo un análisis del contexto científico del que emergió el modelo de Rutherford y dentro del cual fue modificado. Como antecedentes hay que señalar que se contaba entonces con el modelo de Dalton, propuesto en 1803. Para la época, con los trabajos de Faraday, Crookes y el descubrimiento de la radiactividad, fue necesario reformular el modelo de Dalton ya que se evidenció que no podía seguir siendo considerado el átomo como un corpúsculo indivisible. Las reformulaciones y cambios ocurrirán en el seno del grupo de Manchester, liderado por Thomson.

Se lanza entonces el denominado modelo del «pudín con pasas», en el que el átomo estaba constituido por partículas de carga eléctrica negativa, uniformemente distribuidas en una esfera difusa de electricidad positiva (Thomson, 1904). Desde este modelo se diseñó el famoso experimento de la dispersión de partículas alfa (Geiger y Marsden, 1909). Se esperaba que estas partículas, por ser de alta energía y de gran masa, sólo sufrieran leves desviaciones al atravesar el átomo de Thomson. No sucedió así, en razón de que un número significativo de partículas alfa al golpear la lámina se devolvían.

Los resultados del experimento fueron analizados por Rutherford. Hizo cálculos y concluyó que tales resultados eran explicables si la masa total de los átomos estuviera concentrada en un diminuto núcleo de carga positiva, alrededor del cual giraban los electrones, de masa despreciable, en número suficiente para neutralizar la carga del núcleo (Rutherford, 1911). El modelo lo fundamentará matemáticamente, en un artículo posterior (Rutherford, 1914). Se conocerá como el modelo planetario. Destáquese que la idea de un núcleo procede de Rankine, quien, en 1850, publicó un artículo en el que sostuvo que cada átomo consiste en un núcleo o punto central, envuelto por una atmósfera elástica. Al respecto, Kelvin estuvo inicialmente de acuerdo con la propuesta de Rankine y, desde la hipótesis de los vórtices moleculares, trató de explicar las propiedades físicas y químicas de las sustancias. Sin embargo, en 1904, burlescamente comentó que lo más importante de la hipótesis de Rankine había sido el nombre que éste le había dado a dicha hipótesis (Leidler, 1995).

Recién llegado Bohr, en 1912, al Laboratorio de Manchester, se interesó por las implicaciones del núcleo atómico y la distribución de los electrones ligados a éste, en las propiedades físicas y químicas de los diferentes elementos químicos. Veía claro que dichas propiedades se debían al sistema electrónico exterior. En ese momento ya era evidente que la estabilidad de los sistemas atómicos se contradecía con los fundamentos de la mecánica clásica y de la electrodinámica. Según esta última, cualquier movimiento de los electrones alrededor del núcleo debería dar lugar a la disipación de energía en forma de radiación, acompañada de una continua contracción del sistema, por lo que los electrones terminarían en el núcleo.

En 1912, Bohr estaba ya convencido de que la constitución electrónica del átomo de Rutherford estaba gobernada por el cuanto de acción. Su modelo semicuántico lo publica en 1913. El modelo de Rutherford pasó a ser parte de la historia de la física. Poco después lo sería también el de Bohr. Seguirá el de matrices de Heisenberg y luego los modelos propios de la mecánica ondulatoria.

LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA EN LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA

El concepto de *transposición didáctica* fue propuesto en el interior de la educación matemática (Chevallard, 1985). Su incorporación a la nueva didáctica de las ciencias

requiere precisiones. Es así, por cuanto cualquiera sea la versión de historia de las ciencias que se adopte y que depende de la posición epistemológica asumida (Lakatos, 1983), se ha de puntualizar que esta historia es distinta de la propia de las matemáticas. A manera de ejemplo, el desarrollo histórico de las matemáticas no puede ser planteado en términos de sustitución de teorías, cambios paradigmáticos, abandono de programas de investigación o modificación y cambios de modelos científicos vigentes.

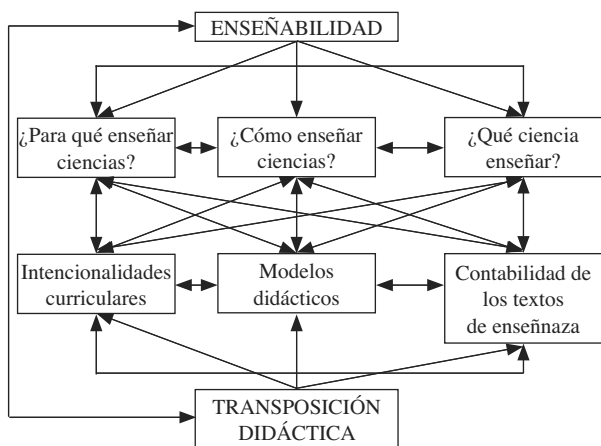
En el interior del Grupo IREC se ha destacado que dos de los problemas centrales de los didactas de las ciencias son el de la enseñabilidad y el de la enseñanza de las teorías o de los modelos científicos; estos problemas están conceptual y metodológicamente relacionados. Se piensa que el primero se resuelve desde la transposición didáctica, y el de la enseñanza de acuerdo con los supuestos didácticos desde los cuales se realiza la transposición. Las actividades de enseñanza buscarían, entonces, contrastar en el aula esos supuestos (Gallego, Pérez, Torres y Amador, 2004). De ser admitido lo anterior, cabe preguntar por las características de la transposición didáctica de las teorías o modelos científicos que se quieren hacer objeto de trabajo en el aula.

La transposición didáctica en el contexto de la nueva didáctica de las ciencias ha de ser inscrito dentro de una propuesta epistemológica de modelo de modelos (Gallego, 2004). Ello significa que no se puede dar cuenta de ella sin acudir a las concepciones histórico-epistemológicas de los profesores de ciencias, de los programas de formación inicial y continua de estos profesores y, entre otras, de las intencionalidades curriculares que hacen que las teorías o modelos científicos sean convertidos en contenidos curriculares, siguiendo propósitos culturales, sociales, políticos y económicos. Si bien se reconoce que los textos de enseñanza han sido y seguirán siendo el material curricular de mayor utilización en la enseñanza de las diferentes ciencias de la naturaleza (Prat e Izquierdo, 2000) y que sólo en los últimos años la investigación didáctica se está ocupando del papel que desempeñan (Del Carmen y Jiménez, 1997), lo cierto es que los profesores de ciencias, desde sus elaboraciones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas con respecto a los contenidos de dichos textos, llevan a cabo, al menos, una segunda transposición didáctica, desde la interpretación que realizan de las intencionalidades curriculares.

Se alude a una segunda transposición, en virtud de que los autores de los textos de enseñanza realizan una primera, a partir de las concepciones histórico-epistemológicas y didácticas que, en el mejor de los casos, hacen de las lecturas de los originales en los que se publicaron en las revistas especializadas, fuesen admitidos y transformados por las respectivas comunidades de especialistas, las teorías o modelos que pretenden hacer objeto de enseñanza o de trabajo en el aula. La anterior es la mejor aspiración que se puede tener de los textos de enseñanza, por lo que quedarían excluidos aquellos que se elaboran a partir de textos reconocidos, con lo que se tendrían versiones de versiones. Se asevera, entonces, que en cada texto de enseñanza hay una versión de historia, una

posición epistemológica, una concepción de enseñanza y de educación en ciencias, que puede ser develada desde la propuesta metodológica que se diseñó para la presente investigación.

Para tal efecto, los fundamentos de esa metodología se resumieron y se sintetizan en el esquema que se presenta a continuación:



ASPECTOS METODOLÓGICOS

El objetivo fue responder al interrogante ¿desde qué versiones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas se han realizado, en esos textos, las transposiciones del modelo atómico de Rutherford?, formulado en la introducción. Por tanto, la investigación se adelantó en tres fases. En la primera, se hizo un análisis histórico-epistemológico del contexto comunitario del Grupo de Manchester, en el que es explicable la formulación del modelo de Rutherford.

Para dar solución al interrogante, en la segunda fase, se practicó una entrevista abierta (Briones, 1988) a profesores de educación media seleccionados al azar y a docentes de los semestres anotados, de dos programas universitarios de formación inicial de profesores de química. Como resultado de esta entrevista, se seleccionaron finalmente quince textos, diez de los cuales eran los más utilizados en los programas de formación inicial de profesores de ciencias de las dos universidades públicas elegidas, que se identifican en este artículo con la letra «U» y cinco por los profesores de educación media, los cuales son señalados con la letra «S» (Anexo 1).

La tercera fase consistió en la formulación de diez criterios, con sus respectivos descriptores como se muestra en la tabla 1. Inicialmente estos criterios y sus descriptores fueron sometidos a evaluación por parte de tres especialistas en historia y epistemología de las ciencias, particularmente, de la física. Las recomendaciones por ellos sugeridas fueron acogidas críticamente, de tal manera que esos criterios y descriptores se rediseñaron. Para efecto del análisis de los textos, se optó por la siguiente discriminación para cada criterio: Menciona Satisfactoriamente (MS), Menciona (M) y No Menciona (NM) (Anexo 1).

De acuerdo con las sugerencias de los evaluadores, se decidió agrupar los criterios en cinco categorías de análisis, como se muestra en la tabla 2. Fue así, en razón de que varios de estos criterios corresponden a una exploración sobre tipologías similares.

Para efectos de la confiabilidad en los resultados del análisis de los textos seleccionados, siguiendo recomendaciones de especialistas (Jiménez, 2000), se hizo una prueba de doble codificación de los criterios o categorías de análisis, por parte de pares académicos distintos de los tres primeros. Se aclara que este autor sostiene que dicho procedimiento es aplicable a cualquier problemática de investigación, siempre y cuando se disponga de una taxonomía adecuada del problema de investigación.

Tabla 1
Criterios y descriptores para la evaluación de los libros de texto de química referidos a los «estudios de Rutherford».

CRITERIOS	DESCRIPTORES
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 sólo 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 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.

RESULTADOS

Analizados los textos seleccionados, en relación con las versiones histórico-epistemológicas presentadas en ellos, y de conformidad con la metodología empleada, los resultados se presentan en las tablas 3 y 4.

De conformidad con las tablas anteriores, la tabla 5 consolida los resultados del análisis de los cinco tex-

tos de enseñanza en educación media. Como puede colegirse, en la mayoría de ellos no se reconocen los antecedentes histórico-epistemológicos que condujeron a la formulación del modelo atómico de Rutherford. Además, hacen referencia a dicho modelo de una manera descriptiva. Señálese igualmente que en estos textos no se reconoce que la formulación del modelo de la referencia se llevó a cabo en el seno de una comunidad científica.

Tabla 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 de los trabajos realizados
B	2, 4 y 5	Explicación de 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

Tabla 3
Evaluación de los libros de texto de educación media.

TEXTOS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
S1	NM	NM	MS	NM	NM	NM	M	NM	NM	M
S2	NM	NM	NM	NM	M	NM	MS	M	NM	MS
S3	NM	NM	MS	NM	NM	NM	NM	M	NM	MS
S4	NM	NM	M	NM	NM	NM	NM	M	NM	NM
S5	NM	NM	NM	M	NM	NM	NM	NM	NM	NM

Nota: C1 al C10: criterios establecidos a partir del estudio histórico-epistemológico de los documentos originales.
 NM: No menciona M: Menciona MS: Menciona satisfactoriamente Cuando se señala (-) el texto respectivo no trata el tema.

Tabla 4
Evaluación de los libros de texto de educación superior.

TEXTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
U1	NM	M	M	NM	M	NM	NM	M	NM	M
U2	NM	NM	M	NM	M	NM	NM	M	NM	MS
U3	-	-	-	-	-	-	-	M	MS	MS
U4	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
U5	NM	NM	M	NM	M	NM	M	MS	M	MS
U6	NM	NM	MS	NM	M	NM	M	MS	M	MS
U7	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	M	NM	M
U8	NM	NM	M	NM	M	M	M	M	M	M
U9	NM	NM	NM	NM	NM	M	M	M	M	NM
U10	NM	NM	M	NM	M	NM	M	M	M	NM

Nota: C1 al C10: criterios establecidos a partir del estudio histórico-epistemológico de los documentos originales.
 NM: No menciona M: Menciona MS: Menciona satisfactoriamente Cuando se señala (-) el texto respectivo no trata el tema.

Una consolidación análoga se efectúa en la tabla 6, en cuanto a los diez textos de enseñanza de educación superior estudiados. Obsérvese que si bien hay cierta similitud con los de la enseñanza media, en estos diez textos hay una mayor aproximación al tratamiento histórico-epistemológico; tienen en cuenta los resultados experimentales y, en cierta manera, aluden algunos a que el modelo de Rutherford fue una construcción comunitaria.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

De acuerdo con los resultados se puede afirmar que el modelo de Rutherford que se socializa a través de los cinco textos de enseñanza analizados, entre los profesores y el estudiantado de educación media que los utilizan, parece aproximarse a una mirada de carácter empiropositivista. Es así por cuanto en tales textos no se alude a la construcción histórica de dicho modelo, como tampoco hacen referencia a su desarrollo en el seno de una comunidad científica como fue el Grupo de Manchester.

En lo que hace referencia a los diez textos de enseñanza utilizados por profesores y estudiantes en los dos programas de formación inicial de profesores de química, habría que afirmar que si bien tales textos presentan ciertas aproximaciones a la historia de la construcción del modelo de Rutherford, ello no es suficiente para sostener que las transposiciones didácticas correspondientes se hayan realizado por fuera de la ya anotada mirada empiropositivista.

En cuanto a las versiones didácticas y pedagógicas de los quince textos de enseñanza analizados y de acuerdo con los resultados obtenidos, se podría establecer que ellos siguen obedeciendo al paradigma habitual de la transmisión y repetición de contenidos curriculares. De esta manera, la investigación adelantada parece corroborar las conclusiones de las referencias bibliográficas que sirvieron de antecedentes para el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor de este trabajo agradece a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnología – CONICYT – CHILE la financiación de sus estudios doctorales.

Tabla 5
Resultado consolidado de categorías de análisis y criterios en libros de educación media.

CATEGORÍA DE ANÁLISIS	CRITERIO	NM (%)	M (%)	MS (%)
De antecedentes a los trabajos realizados	1	100		
	3	40	20	40
De explicación a los planteamientos formulados	2	100		
	4	80	20	
	5	80	20	
De diversas posibilidades de interpretación de los hechos	6	100		
	7	60	20	20
	8	40	60	
De evidencia del trabajo científico en comunidad	9	100		
De identificación de inconsistencias como gestoras de reformulaciones conceptuales	10	40	20	40

Tabla 6
Resultados consolidados de las categorías de análisis y criterios en libros de educación superior.

CATEGORÍA DE ANÁLISIS	CRITERIO	NM (%)	M (%)	MS (%)
De antecedentes a los trabajos realizados	1	89		11
	3	22	55.5	22
De explicación a los planteamientos formulados	2	78	11	11
	4	89		11
	5	22	67	11
De diversas posibilidades de interpretación de los hechos	6	67	22	11
	7	33	56	11
	8	70		30
De evidencia del trabajo científico en comunidad	9	30	50	20
De identificación de inconsistencias como gestoras de reformulaciones conceptuales	10	20	30	50

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO AYMERICH, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), art. 1. En línea: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>.
- BOHR, N. (1913). On the Constitution of Atoms and Molecules. *Philosophical Magazine*, Series 6, 26, pp. 1-25.
- CALDIN, E.F. (2002). The Structure of Chemistry in Relation of the Philosophy of Science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 8(2), pp. 103-121. En línea: <<http://hyle.org/journal/issues/8-2/caldin.html>>.
- CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- DE LA 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), pp. 303-314.
- DEL CARMEN y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 11, pp. 7-14.
- GALLEGO, R., PÉREZ, R., TORRES, L.N. y AMADOR, R.Y. (2004). «La formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Contrastación de fundamentos» (Memoria de investigación). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- GALLEGO BADILLO, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), art. 4. En línea: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>.
- GEIGER, H. y MARSDEN, E. (1909). On a Diffuse Reflection of the α -Particles. *Proc. Royal Society*, 82, pp. 495-500.
- GIERÉ, R.N. (1990). *Explaining Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- 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, pp. 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, pp. 123-14.
- IZQUIERDO, M. (1988). La contribución de la teoría del flogisto a la estructuración actual de la ciencia química. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), pp. 67-74.
- 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), pp. 3-19.
- JIMÉNEZ, M. (2000). Modelos Didácticos, en Perales, F.J. y Cañal, P. (ed.). *Didáctica de las ciencias experimentales*, pp. 165-186. Alcoy: Marfil.
- KUHN, T.S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- LEIDLER, K.J. (1995). *The world of Physical Chemistry*. Nueva York: Oxford University Press.
- LOMBARDI, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en Ciencias*, II(4), pp. 5-13.
- 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), pp. 147-159.
- 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. *Paradigma*, XXIII(2), pp. 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), pp. 369-386.
- POPPER, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- PRAT, A. e IZQUIERDO, M. (2000). *Hablar y escribir para aprender*. Madrid: Síntesis.
- RUTHERFORD, E. (1911). The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of Atom. *Philosophical Magazine*, Series 6, 21, pp. 669-688.
- RUTHERFORD, E. (1914). The Structure of the Atom. *Philosophical Magazine*, Series, 6(21), pp. 488-498.
- THOMSON, J.J. (1904). On the Structure of the Atom. *Philosophical Magazine*, Series 6, 7(39), pp. 237-265.
- TORRES ASSIS, A.K. (1998). Newton e suas grandes obras: O Principia e o Óptica, en De Almeida, M.J. y Da Silva, H.C. (org.). *Linguagens, leituras e ensino da ciências*, pp. 37-52. Campinas: Mercado de Letras.
- URIBE, M. y CUÉLLAR, L. (2003). Estudio Histórico-epistemológico del modelo atómico de Rutherford. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, 14, pp. 88-97.

[Artículo recibido en junio de 2005 y aceptado en febrero de 2007]

ANEXO 1

Significados de las discriminaciones.

Menciona Satisfactoriamente (MS). Da cuenta desde una versión histórico-epistemológica admisible y podría indicar los aportes de los diferentes científicos del Grupo de Manchester, a la vez que mencionaría los problemas teóricos y experimentales.

Menciona (M). Es meramente declarativa y nombra a los científicos que contribuyeron a la formulación del modelo de Rutherford.

No Menciona (NM). El modelo de Rutherford no tiene ningún contexto.

ANEXO 2

Codificación de los libros de texto.

TÍTULO Y AUTOR DEL LIBRO DE TEXTO	CODIFICACIÓN PARA EL ANÁLISIS
Quimic@. Castelblanco, Y., Sánchez de Escobar, M. y Peña, O.	S1
Química y Ambiente I. Cárdenas, F. y Gálvez, C.	S2
Química I. Mondragón, C., Peña, L., Sánchez de Escobar, M. y Fernández, M.	S3
Química 10. General e Inorgánica. Manco L. Félix	S4
Química 10. Poveda V. Julio	S5
Química y reactividad química. Kotz, John C., Treichel, Paul M. Jr. y Harman, Patrick, A.	U1
Chemistry. Zumdahl, Steven, Zumdahl, Susan	U2
Fisicoquímica. Laidler, Keith, Meiser, John	U3
Estructura atómica. Un enfoque químico. Cruz-Garriz, D., Chamizo, J. y Garrita, A.	U4
Química. La ciencia central. Brown, T.L., LeMay, H.E. Jr. y Bursten, B.E.	U5
Química General. Petrucci, R. y Harwood, W.	U6
Química. Daub, G.W. y Seese, W.S.	U7
Química. Chang, R.	U8
Química. Phillips, J.S., Stozak, V.S. y Wistrom, Ch.	U9
Química General. Whitten, K.W. y Gailey, K.D.	U10

E. Rutherford's Atomic Model: from Scientific Knowledge to School Learning

CUÉLLAR FERNÁNDEZ, LUIGI¹, GALLEGO BADILLO, RÓMULO² y PÉREZ MIRANDA, ROYMAN²

¹ Magister en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional. Doctorante en Ciencias de la Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile

² Profesores Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D.C., Colombia

lhcuella@puc.cl

rgallego@uni.pedagogica.edu.co

royman@uni.pedagogica.edu.co

Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos - Grupo IREC

Abstract

Studies into a transposition of scientific theories and models proposed and accepted by the expert community and socialized among teachers and students are frequent. The purpose of these systematic reviews is to determine how near or far such transposition is to the original papers in which those theories or models were proposed and accepted by the respective expert community.

In the context of this new field of didactics, it was proposed to analyse a number of textbooks frequently used by Chemistry teachers in Colombia with the purpose of answering the question: From which historical-epistemological (H-E), didactic and pedagogical versions have the transpositions of E. Rutherford's atomic model been made in these textbooks? To answer this question, it would be necessary to see the review of the original papers in which such a proposal was established. The teaching textbooks are expected to place Rutherford's model on a historical and epistemological basis in accordance with the educational level for which they are intended. In other words, textbooks are expected to express the context in which the model was necessary, as well as the resulting theoretical problems that led to the replacement of the model by Bohr's semi-quantum model for a short time.

In the current context of science didactics, it is not possible to shed light on *didactic transposition* without considering the historical-epistemological concepts of science teachers in initial and continuing training programmes and, among other things, of the curricular purposes that lead to scientific theories or models becoming curricular contents.

Even though it is accepted that textbooks have been and still are the most used curricular material in science teaching (Prat and Izquierdo, 2000) and that it is only in recent years that didactic research has focused on their role (Del Carmen and Jiménez, 1997), it is true that teachers perform at least a second didactic transposition, which is mentioned by virtue of the fact that the authors of these textbooks perform the first transposition from historical-epistemologic and didactic concepts that, at best, they make by reading the original papers in which the theories or models they intend to disclose were transformed and accepted by the respective expert communities and published in specialized magazines.

From the point of view of methods it should be noted that research was carried out in *three phases*: a) The H-E analysis of the community context of the Manchester Group, in which the development of the model can be explained, b) Teachers were interviewed about the use of textbooks (15 textbooks were selected - 10 university textbooks and 5 secondary school textbooks), and c) ten criteria were developed with their descriptors, and evaluated by experts and grouped into five analysis categories (See Appendix 2 and Tables 1 and 2).

For the purpose of the reliability of the findings of the analysis of textbooks selected and following recommendations from experts (Jiménez, 2000), a double coding test of the analysis criteria or categories was taken by peer teachers other than the above.

After examining the textbooks selected in relation to the H-E versions presented in them, it was found that in most secondary school textbooks it was not possible to recognize the information that led to the development of Rutherford's atomic model and the model is only mentioned in a descriptive way. Beside this, in higher education textbooks, there is a certain similarity with the former, even though they are close to the H-E treatment. They take into account experimental findings and some of them mention, to some extent, that this model was a community construction.

Therefore, it may be stated that Rutherford's model is presented in secondary school textbooks from an empirical-positive view that does not consider the historical construction of this model and its development within a scientific community, as the Manchester Group was.

With regard to higher education textbooks, it may be stated that even though there is a certain empirical approach to the history of Rutherford's model construction, this is not enough to state that the related didactic transpositions have been made out of the aforementioned empirical-positive perspective.

With regard to the didactic and pedagogical versions of fifteen teaching textbooks analysed and in accordance with the findings, it could be stated that they still follow the conventional *transmission-repetition* paradigm of curricular contents. Therefore, the research carried out seems to corroborate the conclusions of the literature references that were used as supporting information for this work.

