

## **¿Es adecuada la presentación de los modelos atómicos desde el punto de vista histórico y epistemológico en los textos educativos de Bachillerato?**

Joan Josep Solaz-Portolés\*, Vicent Sanjosé López y Esteban Civera Milla

Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials.

Universitat de València. España.

\*Joan.Solaz@uv.es

### **Resumen**

En este artículo se presenta un análisis de la introducción de los modelos atómicos en textos educativos de Bachillerato españoles desde una perspectiva histórica y epistemológica. Los resultados revelan que los textos presentan las mismas deficiencias que los textos de otros países. Se constata la visión distorsionada de la ciencia que ofrecen los textos educativos y se discuten las consecuencias que se derivan de dicha visión.

**Palabras clave:** Textos educativos, modelos atómicos, historia de la ciencia, epistemología, imagen de la ciencia

### **It is appropriate the introduction of atomic models in high school textbooks (Grade 11 and 12) from an historical and epistemological viewpoint?**

### **Abstract**

In this paper it is presented a content analysis of the introduction of atomic models in high school Spanish textbooks (Grade 11 and 12) from an historical and epistemological perspective. The results show that textbooks have similar deficiencies that in other countries. It is confirmed that textbooks offer a distorted view of science and the consequences which can be derived from this view are discussed.

**Keywords:** textbooks, atomic models, history of science, epistemology, view of science

## Introducción

De acuerdo con Solaz-Portolés y Moreno (1998) la historia de la ciencia puede dar la posibilidad en un contexto didáctico de que los estudiantes revisen y modifiquen sus modelos espontáneos (concepciones alternativas) mediante la comparación de dichos modelos con los de los científicos de determinados momentos de la historia de la ciencia. Por otro lado, Solbes y Traver (2001) señalan que es posible aumentar el interés del alumno hacia el estudio de la física y la química mediante un tratamiento mínimamente detenido de algunos aspectos históricos introducidos en el proceso de adquisición de los diferentes conceptos y teorías científicas. Además, apuntan los autores, la incorporación de la historia de la ciencia permite mostrar una imagen de la ciencia más correcta y próxima a la realidad del trabajo de los científicos y al contexto en que éste se desarrolla.

El libro de texto desempeña un papel muy importante en la enseñanza de las ciencias y una muestra de esta importancia es que él mismo se ha convertido en objeto de estudio para los investigadores en la didáctica de las ciencias. Así, por ejemplo, pueden encontrarse trabajos en los que se analizan las características que mejoran su comprensión y aprendizaje (Solaz-Portolés, 2009), en otros se evalúan los contenidos de acuerdo con las líneas que plantean las reformas educativas (Vázquez, Ruipérez y Nuño, 1998), o se discuten cómo se introducen los conceptos científicos (Solaz-Portolés, 2007). Hay muchos estudios sobre la deficiente imagen de la naturaleza de ciencia que ofrecen los libros de texto de ciencias (Solaz-Portolés, 2010).

Los estudiantes suelen tener muchas dificultades para comprender los textos de ciencias (Snow, 2002). Esto no ha de resultar extraño atendiendo a los resultados obtenidos en un estudio (Roseman, Kevidou, Stern y Cadwell, 1999) auspiciado por la *American Association for Advancement of Science* (AAAS). En dicho estudio, se evaluó la calidad instruccional de libros de texto de grado medio utilizados en USA. Los resultados no pudieron ser más desoladores: la gran mayoría no satisfacía los mínimos exigibles.

Se ha comprobado que los libros de texto de ciencias suelen ofrecer una falsa impresión de la naturaleza de la ciencia: presentan un cuerpo de conocimiento elaborado de forma empírico-inductiva (Stinner, 1992), sin ningún error (Chiappetta et al., 1991), y acompañado de resolución de problemas de carácter algorítmico únicamente (Stinner, 1992). Es evidente, pues, que la concepción de la ciencia como empresa creativa no se fundamenta en los textos didácticos en el desarrollo histórico de los conceptos enmarcado en una adecuada epistemología (Brackenbridge, 1991). Citaremos un ejemplo concreto, el trabajo de Níaz y Costu (2009), donde se ponen de relieve las deficiencias histórico-filosóficas en los libros de texto de Química General de Turquía.

Refiriéndonos específicamente a los modelos atómicos en los libros de texto, Cuellar, Gallego y Pérez (2008) observan que, en los libros de texto de educación media, el modelo de Rutherford se presenta de un modo empírico-positivista: no se alude a la construcción histórica

de dicho modelo, como tampoco se hace referencia a su desarrollo en el seno de la comunidad científica.

En un estudio de Solbes, Calatayud, Climent y Navarro (1987) se ha puesto de manifiesto que muchos de los textos de bachillerato y universitarios utilizados en España presentan errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. Dichos textos, además, tienden a realizar una introducción desestructurada y confusa de los conceptos cuánticos.

Moreno, Gallego y Pérez (2010) han analizado cómo se introduce el modelo de Bohr en una selección de libros utilizados en Colombia en la formación inicial de profesores y en la educación media. Los autores concluyen que en los textos se muestran los modelos atómicos ya elaborados, sin abordar los problemas que los originaron y los que solucionaron, ni las dificultades y controversias a las que se enfrentaron las comunidades de especialistas cuando se planteó el modelo.

En una investigación llevada a cabo por Páez, Rodríguez y Niaz (2004) se revisaron 27 textos venezolanos de Química de Bachillerato. Estos autores concluyen que un porcentaje elevadísimo de los libros de texto ofrecen una evolución de los distintos modelos atómicos a partir de los datos experimentales puros, obviando los principios heurísticos y la competencia entre programas rivales que impulsaron la postulación de estos modelos.

Teniendo en cuenta la importancia didáctica de una adecuada introducción de los modelos atómicos en el Bachillerato (para dar una imagen adecuada de la ciencia, generar actitudes positivas hacia la ciencia y aumentar la comprensibilidad de los contenidos), el objetivo de este trabajo es llevar a cabo un análisis histórico-epistemológico de la presentación de los modelos atómicos en los libros de texto españoles de bachillerato. Atendiendo a los resultados obtenidos por los autores antes citados, y dados los antecedentes de las deficiencias encontradas en estos aspectos en estudios anteriores efectuados con libros de texto españoles (Solaz-Portolés et al., 1993), nuestra hipótesis es que los resultados de nuestro análisis de textos no diferirán significativamente de los hallados por Páez, Rodríguez y Niaz (2004); es decir, presentarán similares déficits histórico-epistemológicos.

## **Metodología**

Para analizar los textos de Bachillerato con respecto a la evolución de los modelos atómicos desde el punto histórico-epistemológico se aplicaron los mismos criterios de evaluación que los utilizados por Páez, Rodríguez y Niaz (2004). Estos criterios son:

- Thomson 1 (T1): El texto debe explicar que los experimentos de Thomson tenían como finalidad resolver la controversia relacionada con la naturaleza de los rayos catódicos. Bien podían ser partículas cargadas (átomos, iones o moléculas), bien podían ser ondas en el éter. Este criterio permite visualizar la investigación científica como la competencia entre programas rivales.

- Thomson 2 (T2): El texto tendría que recoger la decisión de Thomson de medir la relación masa/carga para identificar los rayos catódicos como iones (razón no constante) o como partículas universalmente cargadas (razón constante). A éstas últimas posteriormente se les denominó electrones.
- Rutherford 1 (R1): En el texto han de aparecer los experimentos de Rutherford con partículas alfa y los razonamientos que conducen a un nuevo modelo atómico (modelo de átomo hueco). Además, se ha de señalar que dicho modelo tuvo que competir con el modelo de un programa de investigación rival, el modelo del átomo de Thomson (modelo de *pudin de pasas*)
- Rutherford 2 (R2): El texto ha de incluir el argumento crucial que confirmó el apoyo al modelo de Rutherford. Este argumento no se basa en el gran ángulo desviación que pueden experimentar las partículas alfa, sino en el conocimiento de que únicamente 1 de cada 20.000 partículas se desviaron en ángulos grandes.
- Rutherford 3 (R3): En el texto debería aparecer la encendida disputa entre los defensores del modelo de Rutherford y los del modelo de Thomson. Esto es, el tránsito entre un modelo y otro no puede obviar la rivalidad entre la hipótesis de Rutherford, de la dispersión simple basada en la aproximación al núcleo cargado, y la hipótesis de Thomson de las dispersiones múltiples (multitud de pequeñas dispersiones que, al sumarse, provocaban una gran desviación), que llevó a una agria disputa entre los defensores de ambos modelos.
- Bohr 1 (B1): El texto debe señalar que el objetivo fundamental de Bohr era explicar la estabilidad paradójica del modelo del átomo de Rutherford. Para ello, propuso un nuevo modelo cuya aportación fundamental fue la cuantización del modelo atómico de Rutherford.
- Bohr 2(B2): Se tiene que reflejar en el texto que cuando Bohr postuló su modelo cuantizado del átomo predijo, sin proponérselo, las series espectrales de Balmer y Paschen para el átomo de hidrógeno.
- Bohr 3 (B3): Se ha de explicar convenientemente que la incorporación, por parte de Bohr, de la teoría de los cuantos de Planck a la electrodinámica clásica de Maxwell representó una extraña "mezcla" para muchos de los científicos de la época.

Tras la lectura y revisión de los libros de texto se clasificaron del siguiente modo:

- Satisfactorio (S): si se recoge de manera satisfactoria la información relativa a un determinado criterio
- Menciona (M): si aparece alguna información relacionada con el criterio, pero de manera incompleta.
- No menciona (N): no se incluye ningún contenido referido a ese criterio.

Se aplicaron los criterios de análisis anteriormente citados en 20 libros de texto de Bachillerato de Física y Química españoles (el Bachillerato en España consta de dos cursos académicos: primero, con estudiantes de 16-17 años; y segundo, con estudiantes de 17-18 años), 10 libros

de primero de bachillerato (Física y Química) y otros 10 de segundo de bachillerato (Química), de diferentes autores y editoriales (anexo 1).

## Resultados

En la Tabla 1 se recogen los resultados de la aplicación de los criterios sobre libros de texto de 1º de Bachillerato.

Texto	Criterios							
	T1	T2	R1	R2	R3	B1	B2	B3
Agustench et al. 2002	N	N	M	M	N	N	N	N
Ballester y Barrio 2002	N	N	N	M	N	M	N	N
Cardona et al. 2008	N	N	N	N	N	N	N	N
Carrascosa et al. 2000	M	N	M	M	N	M	N	N
Fidalgo y Fernández 2008	M	N	N	M	N	M	N	N
Lorente et al. 2002	N	N	N	N	N	N	N	N
Martínez y Fontanet 2008	N	N	N	M	N	N	N	N
Sauret y Soriano 2008	M	M	N	M	N	M	N	N
Soriano et al. 2006	M	M	N	M	N	M	N	N
Zubiaurre et al. 2008	N	N	N	M	N	N	N	N

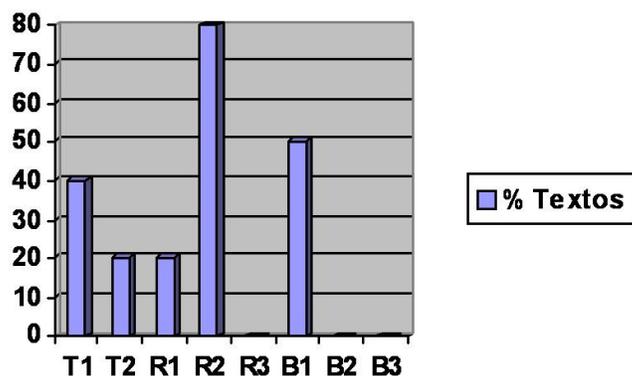
**Tabla 1.** Aplicación de los criterios de análisis de los modelos de Thomson, Rutherford y Bohr a distintos libros de texto de 1º de Bachillerato. N: No aparece el criterio, M: Aparece el criterio parcialmente y S: Aparece el criterio satisfactoriamente.

En la Tabla 2 se presenta la misma información recogida a partir de los libros de texto de 2º de Bachillerato.

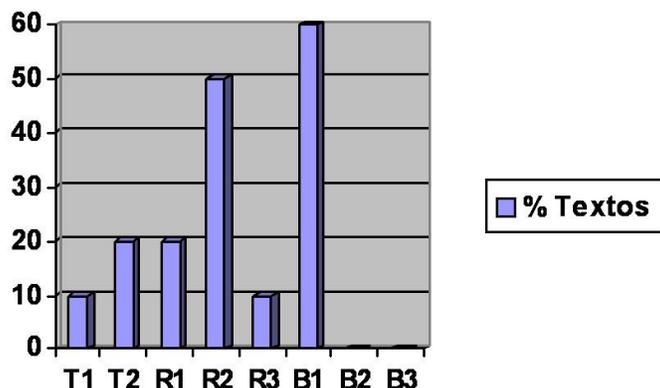
Texto	Criterio							
	T1	T2	R1	R2	R3	B1	B2	B3
Alonso et al. 1999	N	N	N	M	N	M	N	N
Arróspide 2009	N	N	N	N	N	M	N	N
Calatayud et al. 2003	N	N	N	N	N	N	N	N
Caamaño y Obach 2000	N	N	N	M	N	M	N	N
Del Barrio y Montejo 2003	N	N	N	M	N	N	N	N
Fidalgo y Fernández 2009	N	N	N	N	N	M	N	N
García et al. 2009	N	M	M	M	N	N	N	N
Morcillo et al. 2001	N	N	N	N	N	M	N	N
Quílez et al. 2009	S	S	M	M	M	M	N	N
Zubiarre et al. 2009	N	N	N	N	N	N	N	N

**Tabla 2.** Aplicación de los criterios de análisis de los modelos de Thomson, Rutherford y Bohr a distintos libros de texto de 2º de Bachillerato. N: No aparece el criterio, M: Aparece el criterio parcialmente y S: Aparece el criterio satisfactoriamente.

En las Figuras 1 y 2 se ofrecen los porcentajes de textos de primero de Bachillerato en los que se menciona algún tipo de información relacionada con cada uno de los criterios establecidos en el análisis.



**Figura 1.** Representación gráfica del porcentaje de textos de 1º de Bachillerato que menciona los criterios



**Figura 2.** Representación gráfica del porcentaje de textos de 2º de Bachillerato que menciona los criterios.

De la información recogida en las tablas y representaciones gráficas se observa el bajo porcentaje de textos en los que aparece parcialmente la información recogida en los criterios (un 26,3% de media de todos los criterios en los textos de 1º de Bachillerato y un 17% de media de todos los criterios en los de 2º de Bachillerato). Se destacan los bajos porcentajes de textos que ofrecen contenidos relacionados con los criterios R3, B2 y B3; y los altos porcentajes de textos que mencionan los criterios R2 y B1. A resaltar que en sólo un texto, de 2º de Bachillerato, presenta de manera satisfactoria alguno de los criterios establecidos (en concreto, los criterios T1 y T2 relacionados con el modelo de Thomson).

### Conclusiones y discusión

Hemos podido comprobar que la mayoría de textos educativos se centran, en la introducción de los modelos atómicos, en los hechos experimentales, sin atender prácticamente a la historia de la ciencia y a la epistemología. El desarrollo conceptual que llevan a cabo no pone el acento en las circunstancias que condujeron a la crisis y posterior sustitución de un modelo por otro. En estas condiciones, es fácil entender las ideas erróneas de los estudiantes acerca del papel que modelos y teorías desempeñan en la ciencia y su desarrollo (Lederman, 1992), y los fracasos que éstos tienen para unir los modelos a las situaciones reales, pues no llegan a hacerlos funcionar como construcciones hipotéticas y heurísticas, sino como dogmas definitivos y cerrados (Martinand, 1986), que se limitan a copiar físicamente la realidad (Grosslight et al., 1991).

Por otra parte, los resultados obtenidos en nuestro análisis concuerdan con los del trabajo de Páez, Rodríguez y Níaz (2004), por lo que la hipótesis de partida queda confirmada: los textos españoles de Bachillerato tienen los mismos déficits histórico-epistemológicos en la presentación de los modelos atómicos que los venezolanos (y de otros países también). Con

todo ello, se puede responder a la pregunta formulada en el título de este trabajo: no es adecuada la presentación de los modelos atómicos en los libros de texto de Bachillerato desde el punto de vista histórico y epistemológico.

Se constata, por tanto, que una característica frecuente de la ciencia de los textos educativos es la de limitarse a “enunciados declarativos” sin referirse a problemas concretos y sin mostrar su carácter predictivo o sus límites de validez (Astolfi, 1988). Además, se suele soslayar casi por completo el contexto de indagación y de disputa entre programas de investigación rivales que condujo a determinados conceptos, modelos, leyes o teorías (Stinner, 1989). Esto mismo se ha visto confirmado por el análisis de textos de ciencias físicas efectuado por Strube (1989), que reveló que la mayoría de los textos contienen un alto índice de explicaciones no justificadas que son utilizadas para informar al lector de resultados y un bajo índice de explicaciones indagativas, donde se deberían describir las dificultades conceptuales y experimentales que acompañaron al desarrollo científico.

## Bibliografía

- Astolfi, J. P. (1988). El aprendizaje de conceptos científicos: Aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 147-155.
- Brackenbridge, J. B. (1991). La educación de las ciencias, la historia de las ciencias y el libro de texto: las condiciones necesarias contras las suficientes. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11, 157-169.
- Chiappetta, E. L., Sethna, G. H. y Fillman, D. A. (1991). A quantitative analysis of high school chemistry textbooks for scientific literacy themes and expository learning aids. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 939-951,
- Cuéllar, L., Gallego, R. y Pérez, R. (2008). El modelo atómico de E. Rutherford. Del saber científico al conocimiento escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 43-52
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. y Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799-822.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Martinand, J.L. (1986). Enseñanza y aprendizaje de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 45-50
- Moreno, J. E., Gallego, R., Pérez, R. (2010). El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto, *Ciência & Educação*, 16 (3), 611-629
- Niaz, M. y Coştu, B., (2009). Presentation of atomic structure in Turkish general chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 233-240
- Paéz, Y., Rodríguez, M. A. y Niaz, M. (2004). Los Modelos Atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato. *Investigación y Postgrado*, 19 (1), 51-77
- Roseman, J. E., Kevidou, S., Stern, L. & Caldwell, A. (1999). *Heavy books on learning: AAAS Project 2061 Evaluates Middle Grades Science Textbooks. Science Books & Films (en línea)*, 35 (6). Disponible en : <http://www.project2061.org/publications/textbook/articles/heavy.htm> [consulta 2010, 10 de Marzo].
- Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- Solaz-Portolés, J.J. (2007). Algunas deficiencias en el tratamiento del equilibrio químico en libros de texto españoles. *Revista Chilena de Educación Científica*, 6, 13-21.
- Solaz-Portolés, J. J. (2009). Aprender ciencia con textos: Bases teóricas y directrices. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(2), 376-379.

Solaz-Portolés, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto: una revisión. *Educación XX1*, 13, 65-80.

Solaz-Portolés, J.J. y Moreno, M. (1998). Enseñanza/aprendizaje de la ciencia versus historia de la ciencia. *Educación Química*, 9, 80-85.

Solaz-Portolés, J. J., Vidal-Abarca, E. y Sanjosé, V. (1993). Análisis didáctico, epistemológico e histórico de los modelos atómicos en los textos de 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra (IV Congreso), 283-284.

Solbes, J., Calatayud, M., Climent, J, Navarro, J. (1987). Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 189-195

Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 151-162

Stinner, A. (1989). The teaching of physics and the contexts of inquiry. *Science Education*, 73, 591-605.

Stinner, A. (1992). Science textbooks and science teaching: From logic to evidence. *Science Education*, 73, 591-605.

Strube, P. (1989). A content analysis of arguments and explanations presented to students in physical science textbooks: A model and a example. *International Journal of Science Education*, 11, 195-202.

Vázquez, J. R., Ruipérez, T. y Nuño, M. T. (1998). La reforma en los libros de texto de Ciencias Naturales de la ESO. *Revista de Psicodidáctica*, 5, 115-124.

#### **Anexo1. Listado de libros de texto analizados**

A. Cardona, J. A. García, R. Martín, A. Peña, A. Pozas (2008), *Física y Química 1º Bachillerato*, Mc Graw Hill, Madrid

J. Carrascosa, S. Martínez, J. Martínez (2000), *Física y Química 1º Bachillerato*, Santillana, Madrid

S. Zubiaurre, J.M. Arsuaga, J. Moreno, B. Garzón (2008), *Física y Química 1º Bachillerato*, Anaya, Madrid

J. A. Fidalgo, M. R. Fernández (2008), *Física y Química 1º Bachillerato*, Everest, León

J. Soriano, G. Ontañón, E. Ontañón, A. J. Martín (2006), *Física y Química 1º Bachillerato*, Bruño, Madrid

M. Ballester, J. Barrio (2002) , *Física y Química 1º Bachillerato*, Oxford, Madrid

M. Sauret, J. Soriano (2008), *Física y Química 1º Bachillerato*, Bruño, Madrid

M. J. Martínez, A. Fontanet (2008), *Física y Química 1º Bachillerato*, Vicens Vives, Barcelona

M. Agustench, J. I. Del Barrio, V. Del Castillo, N. Romo (2002) *Física y Química 1º Bachillerato*, SM, Madrid

S. Lorente, E. Enciso, J. Quilez, F. Sendra, F. Chorro (2002), *Física y Química 1º Bachillerato*, Ecir, Valencia

M. C. Arróspide (2009), *Proyecto Zoom 2º Bachillerato Química*, Edelvives, Zaragoza

T. García, J. R. García-Serna, N. Molí (2009), *Química Bachillerato*, Edebé, Barcelona

J. A. Fidalgo, M. R. Fernández (2009), *Química 2º Bachillerato*, Everest, León

J. Quilez, S. Lorente, F. Sendra, E. Enciso (2009), *Afinidad*, Ecir, Valencia

P. Alonso, R. Cebeira, M. J. García (1999) *Curso de química 2º Bachillerato*, Mc Graw Hill, Madrid

J. Morcillo, M. Fernández, V. E. Carrión (2001), *Química 2º Bachillerato*, Anaya, Madrid

M. L. Calatayud, J. Hernández, J. Payá, A. Vilches (2003), *Química. 2º Bachillerato*, Rialla-Octaedro, Barcelona

J. I. Del Barrio, C. Montejo, (2003), *Química 2º Bachillerato*, SM, Madrid

A. Caamaño, D. Obach, (2000), *Química 2º Bachillerato*, Teide, Barcelona

S. Zubiaurre, J.M. Arsuaga, B. Garzón, (2009), *Química 2º Bachillerato*, Anaya, Madrid



ISSN 1666-7948

[www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar](http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar)

Revista **QuímicaViva**

Número 3, año 11, Diciembre 2012

[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)