



Revista Eureka sobre Enseñanza y

Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la

Ciencia: EUREKA

España

Cid Manzano, Ramón; Dasilva Alonso, Gabriel

Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 9, núm. 3, septiembre, 2012, pp.

239-337

Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92024547002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria

Ramón Cid Manzano¹, Gabriel Dasilva Alonso²

¹ IES de Sar - Santiago de Compostela. España. rcid@terra.es

² Instituto de Investigaciones Marinas-CSIC (Vigo-Pontevedra). España. gabrieldasilva@iim.csic.es

[Recibido en febrero de 2011, aceptado en junio de 2012]

Presentamos en este trabajo un análisis de como los libros de texto de Secundaria abordan los contenidos referidos a los modelos atómicos (Thomson, Rutherford, Bohr y el actual). Dicho estudio se ha desarrollado para cuatro editoriales muy conocidas y en los últimos cursos de la secundaria en España (desde 3º E.S.O hasta 2º Bachillerato). Hemos establecido diferentes criterios de análisis atendiendo a las consideraciones actuales de la Didáctica de las Ciencias. Los resultados coinciden en general con lo esperado, detectándose numerosos errores conceptuales, un escaso desarrollo en espiral de los modelos y un tratamiento enfocado principalmente desde una perspectiva de enseñanza memorística. Creemos, además, que esta situación está también presente en muchos otros sistemas educativos.

Palabras clave: enseñanza de los modelos atómicos; estudio en espiral; aprendizaje significativo.

Analyzing how Atomic Models are being introduced in Secondary School textbooks

We show in this work an analysis about how secondary school textbooks are considering Atomic Models (Thomson, Rutherford, Bohr and the current model). For this study we have analysed different publishing houses for the last four Spanish secondary school courses. The analysis was set according to current science didactic considerations. The results have detected some conceptual mistakes, a poor spiral development and a didactic strategy focused in a memoristical way to teach these models.

Keywords: Atomic Models teaching, Spiral study, Significant learning.

Introducción

La Estructura de la Materia constituye uno de los bloques temáticos fundamentales de la asignatura de Física y Química en la Enseñanza Secundaria. Dentro de este tema se enmarca el estudio de los modelos atómicos, pero en ningún momento se especifica cual es el modelo atómico más conveniente para cada etapa educativa, de ahí que cada texto presente un tratamiento particular del tema (R.D. 1631/2006 de 29 de Diciembre; R.D. 1467/2007 de 2 de Noviembre-Ministerio de Educación en España).

Tradicionalmente, se consideraba a los alumnos como *tabulas rasas*, mentes en blanco en donde el profesor escribe los conceptos. Limitar la enseñanza a la mera descripción macroscópica de los sistemas omitiendo estrategias de argumentación y razonamiento en las que están implicados los modelos, es privar al alumnado de la oportunidad de comprender cómo se desarrolla el conocimiento (Domínguez Castiñeiras, García-Rodeja, Bueno, 2003). Por ello que el estudio de la estructura atómica es un escenario ideal para exponer la importancia del uso de *modelos* como herramienta para favorecer el aprendizaje significativo (Oliva et al, 2003). Desde una perspectiva constructivista de la enseñanza-aprendizaje, donde es el alumno quién construye su propio conocimiento, los modelos atómicos además de ser fundamentales para comprender y justificar la estructura electrónica de los átomos, el enlace, las propiedades eléctricas de la materia, emisión de luz, el color, etc., proporcionan un buen contexto para potenciar destrezas propias de la competencia científica como el razonamiento, predicción, interpretación de la realidad, construcción de modelos para explicar observaciones,

uso de pruebas, argumentación, indagación como estrategia de aprendizaje, etc., (McKagan, Perkins, Wieman, 2008).

Su estudio en secundaria es un claro ejemplo de *enseñanza en espiral*. La profundidad, amplitud y tipo de estrategias y contenidos deberían adaptarse a las posibilidades del alumnado según su nivel de desarrollo cognitivo. Ahora bien, la introducción cualitativa de estos conceptos conlleva una gran dificultad ya que están asociados a un aparato matemático muy complejo (Solbes; Calatayud; Climent; Navarro, 1987). Por ello que gran parte de los textos de ESO ofrece exclusivamente una visión clásica de los modelos, debido a su simplicidad conceptual, sin indicar sus limitaciones ni hacer referencia a los modelos cuánticos y la evolución de los mismos (Carmona, 2002). De este modo se favorece que el alumno asuma la Física Clásica como una ciencia acabada. Dichos modelos son abordados del mismo modo y sin profundización alguna a lo largo de todos los cursos de ESO y Bachillerato por lo que su evolución en espiral queda en entredicho.

Los modelos se han construido a lo largo de la historia a medida que nuevos descubrimientos echaban por tierra antiguas teorías y constituyan una explicación más coherente del conocimiento del momento (Domínguez Castiñeiras et al, 2003; González, Gómez, 2003). Se trata por tanto de un contexto inmejorable para que el alumno vea cómo la ciencia avanza. La *filosofía positivista* tuvo mucha influencia en la elaboración del currículum de ciencias por lo que muchos textos mantienen este enfoque en cuanto al desarrollo de las teorías atómicas, lo que genera una visión acumulativa de la ciencia (Páez , Rodríguez, Níaz, 2002). Capuano y sus colaboradores (Capuano, Dima, Botta, Follari, de la Fuente A., 2007) llegan a la conclusión de que la instrucción recibida por los alumnos no les permite elaborar el concepto de transitoriedad entre modelos y que asumen el modelo de Bohr como representación de la realidad.

En su afán simplificador, se cometen a menudo numerosos errores conceptuales en los libros de texto: asumir los orbitales como lugares físicos que existen independientemente de los electrones, considerar el electrón únicamente como una partícula, etc. (Solbes et al., 1987). Estos errores son fruto de la aceptación acrítica de lo incluido en los anteriores textos y que se transmiten por un mecanismo de *reacción en cadena*, lo que hace que se llegue a la universidad con estas concepciones erróneas e incluso los propios profesores las asumen como ciertas (Bernabeu, Solbes, Navarro, Vento, 1985). Dos son las principales causas que impiden desplazar dichos errores por las ideas científicas correctas: la *introducción lineal* de los modelos sin mostrar las causas de su evolución y la aceptación de las *ideas clásicas* como verdades científicas (Solbes et al., 1987). Las ideas previas de los alumnos son otro gran obstáculo ya que dificultan la comprensión de los conceptos relacionados con la estructura de la materia como átomo, molécula, elemento, etc; en gran medida debido a que todos ellos se usan con frecuencia mediante el mismo término *partícula* (Pozo; Gómez; Limon; Sanz, 1991).

El presente trabajo intenta aproximarse a estas cuestiones, después de veinte años de implantación de un modelo educativo centrado en la idea del aprendizaje significativo. Mediante el análisis de diferentes propuestas didácticas en libros de texto de los últimos cuatro cursos de la secundaria española, tratamos de ver si la orientación responde a una adecuada propuesta en espiral, y si su tratamiento es acorde con los elementos fundamentales que se destacan hoy en día en la Didáctica de las Ciencias Experimentales (competencias en argumentación, uso de pruebas, problemas auténticos, modelos contextualizados, etc.). Los resultados obtenidos coinciden en general con lo esperado, se presentan los modelos atómicos desde una estrategia de memorización mecánica, sin aplicarlos a la justificación de las propiedades de la materia, en muchos casos se introducen descontextualizados de su momento histórico-científico y manteniendo ideas positivistas referidas al avance de la ciencia.

La propuesta en espiral es inexistente para los modelos clásicos e inadecuada en muchos casos para los modelos cuánticos.

Esta situación, además, no es diferente a lo que ocurre en otros sistemas educativos, por lo que creemos que se pueden generalizar lo esencial de lo aquí presentado.

Metodología empleada

Estudiamos cuatro editoriales diferentes, y en cada una de ellas cuatro libros de texto para los cursos de 3º y 4º de E.S.O y 1º y 2º de Bachillerato. Nos centramos en el estudio de los modelos de Thomson, Rutherford, Bohr y el Modelo Cuántico actual. Las editoriales seleccionadas están ampliamente implantadas en los centros de enseñanza por lo que consideramos la muestra lo suficientemente representativa (Ver [Anexo](#)). Para el análisis de cada texto se siguieron los siguientes cuatro criterios de análisis:

Criterio 1: ¿Se trata el modelo de Thomson/Rutherford/Bohr/Cuántico? Si/No

Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Criterio 2: ¿El nivel de profundidad con que se aborda cada modelo es adecuado al nivel cognitivo del alumno según el curso? nivel excesivo, adecuado o insuficiente.

Los resultados aparecen en la Tabla 2.

Criterio 3: Valoración del diseño en espiral que cada editorial hace de los diferentes modelos a lo largo de los cuatro cursos: adecuado, incompleto, inexistente.

Se pueden consultar los resultados en la Tabla 3.

Para objetivizar el análisis de los criterios 2 y 3, nos basamos en las taxonomías de Shayer y Adey que clasifican el nivel cognitivo de los alumnos. Consideramos al alumnado de E.S.O en un nivel cognitivo concreto avanzado y en Bachillerato con un nivel formal inicial. Algunas de las principales características cognoscitivas referentes a los modelos atómicos para un alumno de la E.S.O son:

- a partir de un modelo, no es capaz de deducir consecuencias o aplicaciones a no ser que se le proporcionen de antemano. Por lo que los libros deberían explicitar las relaciones entre modelos y propiedades.
- puede comprender la noción de elemento como sustancia indivisible.
- puede ordenar los elementos en familias en base a sus propiedades diferenciadoras.
- solamente ve relaciones directas entre variables medibles.

Para un alumno de Bachillerato:

- es capaz de aplicar los modelos a la explicación de otros fenómenos simples.
- entienden sustancia elemental como aquella formadas por un solo tipo de átomos.
- entiende los modelos de representación de las substancias como un conjunto de bolas que representan átomos.
- ordena los elementos, comprende y justifica la variación gradual de sus propiedades en el sistema periódico mediante los modelos atómicos.
- puede interpretar variables abstractas, que no se pueden medir directamente si no que son fruto de la relación de otras variables medibles. Por ejemplo, pueden entender el concepto

cuántico de orbital (no antes) como región de probabilidad, haciendo la transposición de variables medibles (posición y tiempo) a variable abstracta (región con más probabilidad de encontrar los electrones).

Criterio 4: Cuestionario de 14 ítems para el análisis de cada libro de texto

Thomson 1 (T1): ¿Se vincula el modelo con el descubrimiento del electrón? Si/No

Thomson (T2): ¿Hace referencia a la colocación de los electrones en el modelo del *pudín de pasas*, aprovechando para relacionarlo con la geometría molecular o el concepto de orbital? Si/No

Thomson 3 (T3): ¿Se relaciona el modelo con las propiedades de la materia: electricidad, emisión/absorción de luz, enlace químico, etc? Si/Escaso/No

Rutherford 1 (R1): ¿Se vincula el modelo con los experimentos de rayos alfa? Si/No

Rutherford 2 (R2): ¿Queda claro que el modelo de núcleo que propone Rutherford no contempla la presencia de neutrones? Si/No

Rutherford 3 (R3): ¿Se relaciona el modelo con las propiedades de la materia: electricidad, emisión/absorción de luz, enlace químico, etc? Si/Escaso/No

Bohr 1 (B1): ¿Explica la principal diferencia con el modelo de Rutherford: niveles de energía de las órbitas? Si/No/Escaso

Bohr 2 (B2): ¿Se relaciona el modelo con las propiedades de la materia: electricidad, emisión/absorción de luz en cuantos determinados, conductividad térmica, enlace químico, etc? Si/Escaso/No

Bohr 3 (B3): En concreto, ¿parte de la interacción luz-materia como arranque de su modelo para justificar que los electrones giran en órbitas determinadas? Si/No

Modelo Cuántico 1 (C1): En relación al principio de incertidumbre de Heisenberg, ¿se utiliza el hecho de que no se puede medir donde está el electrón exactamente y en que momento ya que para hacerlo tenemos que interactuar con él, para entender el concepto de orbital o se hace un tratamiento meramente filosófico de este principio? Si/Escaso/No

Modelo Cuántico 2 (C2): ¿Se usa el modelo para entender el concepto de valencia? Si/No

Modelo Cuántico 3 (C3): ¿Se relaciona el modelo con las propiedades de la materia: electricidad, emisión/absorción de luz en cuantos determinados, conductividad térmica, enlace químico, geometría molecular, etc? Si/Escaso/No

General 1 (G1): ¿Ofrece una correcta visión histórica de cómo evolucionaron los modelos y porqué unos sustituyen a los otros? Si/Escaso/No

General 2 (G2): ¿Ofrece una visión positivista de la ciencia? Si/No

En la Tabla 4 aparecen los resultados en los textos analizados indicando en horizontal los 14 ítems (T1, T2, T3, R1 ...) y en la vertical el nombre de las editoriales y los cursos correspondientes.

Resultados

Después del análisis de los 16 libros seleccionados, atendiendo a los cuatro criterios anteriormente mencionados, presentamos los resultados obtenidos en las Tablas 1-2-3-4.

A modo de ejemplo, transcribimos algunos fragmentos de la valoración hecha de varios textos así como el análisis del tratamiento en espiral de una de las editoriales.

- 3ºESO Santillana: Textualmente del libro: *Después de demostrar que el átomo no era indivisible (como suponía Dalton), los científicos diseñaron modelos atómicos para describir como eran, por tanto esos átomos que tenían protones, neutrones y electrones.* Introduce los modelos atómicos desde una perspectiva totalmente positivista. Parte de la base de que el conocimiento de las partículas subatómicas ya existía, los científicos diseñaron experimentos para justificar esos modelos que previamente conocían.
- 1ºBAC Santillana: Ante el problema de que la masa del protón no se corresponde con la del núcleo, incluye dentro del modelo de Rutherford el término neutrón para justificarlo: *Con el modelo de Rutherford podemos comprender que el oxígeno tenga una masa de 16 unidades (8 protones + 8 neutrones).* Además de este error, hace un estudio meramente teórico del modelo, no lo usa para justificar ninguna propiedad de la materia, simplemente lo utiliza para contar protones, neutrones y electrones. Respecto al modelo cuántico sigue en la línea memorística del curso anterior, aporta una serie de reglas matemáticas de llenado de los orbitales. Hace alusión a los principios de de Broglie y Heisenberg como origen del modelo de Schrödinger, de un modo exclusivamente teórico sin incidir en aspectos cualitativos que permitan comprender por ejemplo el concepto de orbital.
- 2º BAC Anaya: Trata los modelos aportando demasiados detalles históricos de escasa importancia para la comprensión cualitativa de los conceptos. Dedica demasiado tiempo al modelo atómico de Dalton, desde un punto de vista teórico y tratando de justificar diferentes leyes de escasa o nula aplicabilidad a realidades macroscópicas y otras propiedades de la materia.
- Estudio en espiral, Edebé-Rodeira: Para los modelos de Thomson y Rutherford, ambos reciben prácticamente el mismo tratamiento en todos los cursos. En el modelo de Bohr si que hay una organización progresiva de los conceptos pero sin una verdadera progresión cognitiva. En los dos primeros cursos presenta el modelo sin justificarlo mínimamente, porqué surge, ni lo aplica de ningún modo, y en bachillerato lo aborda por completo.

Tabla 1. Criterio 1: ¿Se trata el modelo de Thomson/Rutherford/Bohr/Cuántico? Si/No.

Editorial	Curso	Thomson	Rutherford	Bohr	Cuántico
Santillana	3ºESO	Si	Si	Si	Si
Santillana	4ºESO	Si	Si	Si	Si
Santillana	1ºBAC	Si	Si	Si	Si
Santillana	2ºBAC	Si	Si	Si	Si
Anaya	3ºESO	Si	Si	No	No
Anaya	4ºESO	Si	Si	Si	No
Anaya	1ºBAC	Si	Si	Si	Si
Anaya	2ºBAC	Si	Si	Si	Si
Edebé-Rodeira	3ºESO	Si	Si	Si	Si
Edebé-Rodeira	4ºESO	Si	Si	Si	Si
Edebé-Rodeira	1ºBAC	Si	Si	Si	Si
Edebé-Rodeira	2ºBAC	Si	Si	Si	Si
S-M	3ºESO	Si	Si	Si	No
S-M	4ºESO	No	Si	Si	No
S-M	1ºBAC	Si	Si	Si	Si
S-M	2ºBAC	Si	Si	Si	Si

Tabla 2. Criterio 2: ¿El nivel de profundidad con que se aborda cada modelo es adecuado al nivel cognitivo del alumno según el curso? nivel excesivo, adecuado o insuficiente.

Editorial	Curso	Thomson	Rutherford	Bohr	Cuántico
Santillana	3ºESO	Insuficiente	Insuficiente	Adecuado	Adecuado
Santillana	4ºESO	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Excesivo
Santillana	1ºBAC	Adecuado	Insuficiente	Adecuado	Insuficiente
Santillana	2ºBAC	Insuficiente	Insuficiente	Excesivo	Insuficiente
Anaya	3ºESO	Insuficiente	Insuficiente	.....	.....
Anaya	4ºESO	Insuficiente	Insuficiente	Adecuado	.....
Anaya	1ºBAC	Insuficiente	Insuficiente	Adecuado	Adecuado
Anaya	2ºBAC	Insuficiente	Insuficiente	Excesivo	Adecuado
Edebé-Rodeira	3ºESO	Adecuado	Insuficiente	Excesivo	Excesivo
Edebé-Rodeira	4ºESO	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Excesivo
Edebé-Rodeira	1ºBAC	Insuficiente	Excesivo	Adecuado	Adecuado
Edebé-Rodeira	2ºBAC	Insuficiente	Insuficiente	Excesivo	Adecuado
S-M	3ºESO	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	.....
S-M	4ºESO	.....	Insuficiente	Adecuado	.....
S-M	1ºBAC	Insuficiente	Insuficiente	Adecuado	Insuficiente
S-M	2ºBAC	Excesivo	Adecuado	Insuficiente	Insuficiente

Tabla 3. Criterio 3: Valoración del diseño en espiral que cada editorial hace de los diferentes modelos a lo largo de los cuatro cursos: adecuado, incompleto, inexistente.

Editorial	Thomson	Rutherford	Bohr	Cuántico
Santillana	Inexistente	Inexistente	Incompleto	Incompleto
Anaya	Inexistente	Inexistente	Adecuado	Incompleto
Edebé-Rodeira	Inexistente	Inexistente	Incompleto	Incompleto
S-M	Inexistente	Inexistente	Incompleto	Incompleto

Conclusiones

De los resultados del análisis de los diferentes libros de texto de Secundaria, en relación a cada uno de los modelos atómicos por separado observamos:

- **Modelo Cuántico:** su tratamiento en los cursos de ESO es excesivo en la mayoría de los casos por abordar conceptos que requieren un nivel cognitivo mayor, como es el caso del concepto de orbital, cuantización de la energía, etc. En el Bachillerato se trata del modelo de referencia, pero desde una perspectiva restringida a conceptos teóricos y de base matemática. Planteado desde un prisma de aprendizaje memorístico. Sólo se utiliza el modelo para transcribir configuraciones electrónicas. El nivel conceptual es en general muy teórico y poco explicativo.
- **Modelo de Bohr:** igual que en el caso anterior se aprecia una falta de aplicación del modelo a la justificación de diferentes propiedades de la materia, aunque cabe destacar algún texto en el que se parte de la interacción luz-materia para explicar el modelo y se utiliza posteriormente

para justificar los espectros, el efecto fotoeléctrico, etc. A diferencia del modelo cuántico, este se aborda en muchos casos desde una perspectiva más cualitativa y menos memorística, sobre todo en el primer curso de Bachillerato.

- Modelos de Thomson y Rutherford: aparecen prácticamente igual a lo largo de los cuatro cursos. Su tratamiento es insuficiente, reducido a los experimentos que dieron lugar a los modelos, sin una clara explicación de su evolución y desde una perspectiva puramente teórica y sin aplicación alguna.

Tabla 4. Criterio 4: Cuestionario de 14 ítems para el análisis de cada libro de texto.

Editorial	Curso	T1	T2	T3	R1	R2	R3	B1	B2	B3	C1	C2	C3 ¹	G1	G2
Santillana	3ºESO	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	No	Escaso	Si
	4ºESO	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	Escaso	No	Sí
	1ºBAC	Sí	No	Escaso	Sí	No	No	No	Escaso	Sí	Escaso	Sí	Escaso	Sí	No
	2ºBAC	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	No	Escaso	Sí	No
Anaya	3ºESO	No	No	No	Sí	No	No	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Si	No
	4ºESO	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	.....	.....	.....	Si	No
	1ºBAC	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Escaso	Sí	No
	2ºBAC	Sí	No	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	Escaso	Sí	No
Edebé	3ºESO	Sí	No	Escaso	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No	Escaso	No
	4ºESO	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Escaso	Sí	No
	1ºBAC	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Escaso	Sí	No	Sí	Escaso	Sí	No
	2ºBAC	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No
S-M	3ºESO	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	No	.....	.....	.....	No	Sí
	4ºESO	.....	.....	.....	Sí	No	No	No	Sí	Sí	.....	.....	.....	No	Sí
	1ºBAC	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Escaso	Sí	No	No	No	Sí	No
	2ºBAC	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Escaso	Sí	No	No	No	Escaso	No

T=Thomson, R=Rutherford, B=Bohr, C=Modelo Cuántico, G=general

¹La consideración de un tratamiento escaso en el ítem C3 se debe a que en general sólo se aplica el modelo atómico cuántico a la justificación de la configuración electrónica pero no se usa para explicar la electricidad, color, estructura de las moléculas, etc.

En general, los libros de texto analizados rompen con las ideas positivistas sobre la evolución de la ciencia, es decir, los científicos no tenían la idea de modelo previamente a sus experimentos si no que fueron creados posteriormente, para explicar las evidencias experimentales que fueron descubriendo. No obstante, desde un punto de vista histórico de avance de la ciencia, se presentan los descubrimientos de un modo descontextualizado, sin dejar clara la línea de evolución de unos modelos a otros.

Prácticamente todos los libros reproducen estrategias memorísticas de enseñanza, presentan los modelos como anécdotas históricas de la Química y no se usan como herramientas para entender y explicar el mundo macroscópico y otras propiedades de la materia. Difícilmente, con esta orientación didáctica de los libros de texto, se puede asumir que el alumno se acerque a estos contenidos mediante el uso de pruebas, argumentación, etc, sin una implicación directa del profesor o profesora de la materia, y por tanto se ve comprometida la posibilidad de que se alcance un auténtico aprendizaje significativo en este tema.

Referencias

- Bernabeu, J. Navarro, J. Solbes, J. Vento, V. (1985). *Memoria del proyecto de Implantación de enseñanzas prácticas de Física moderna*. Documento de trabajo.
- Capuano, V. Dima, G. Botta, I.L. Follari, B. de la Fuente, A. (2007) *Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8º EGB*. Revista Iberoamericana de Educación. 44 (2).
- Carmona, A.G. (2002). *Los modelos atómicos en la Física y Química de la Educación Secundaria Obligatoria*. Revista Española de Física. 16 (4).
- Domínguez Castiñeiras, X. García-Rodeja, E. Bueno, A. (2003). *El uso de modelos en la enseñanza-aprendizaje de la física*. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. 33, 53-59.
- González, A. Gómez, A. (2003). *Una experiencia sencilla de física en el aula y su utilidad en el aprendizaje alternativo*. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 37, 99-105.
- McKagan, S.B. Perkins, K.K. Wieman, C.E. (2008). *Why we should teach the Bohr model and how to teach it effectively*. Physics Education Research. 4-010103.
- Oliva, J.M. Aragón, M.M. Bonat, M. Mateo, J. (2003). *Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia*. Enseñanza de las Ciencias. 21 (3), 429-444.
- Páez, Y. Rodríguez, M. Níaz, 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, 23 (2), 369-386.
- Pozo, J.I. Gómez, M.A. Limón, M. Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia*. 4, 118-164.
- Solbes, J. Calatayud, M. Climent, J. Navarro, J. (1987). *Errores conceptuales en los modelos atómicos*. Enseñanza de las Ciencias. 5 (3), 189-195.
- R.D. 1631/2006 de 29 de Diciembre (BOE de 5/1/2007), por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la E.S.O. R.D. 1467/2007 de 2 de Noviembre (BOE de 6 de Noviembre) por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.

Anexo. Libros de texto analizados

- Santillana 3º ESO: ISBN: 978-84-8224-605-5. (2007)
- Santillana 4º ESO: ISBN: 978-84-294-0984-0. (2008)
- Santillana 1º BAC: Depósito legal: M-23550-2008. (2008)
- Santillana 2º BAC: ISBN: 978-84-294-0993-2. (2009)
- Anaya 3º ESO: ISBN: 84-667-1126-0. (2002)
- Anaya 4º ESO: ISBN: 978-84-667-7205-1. (2008)
- Anaya 1º BAC: ISBN: 84-667-1207-0. (2002)
- Anaya 2º BAC: ISBN: 84-667-2181-9. (2003)
- Edebé-Rodeira 3º ESO: ISBN: 978-84-236-9729-8. (2010)

- Edebé-Rodeira 4º ESO: ISBN: 978-84-236-8753-4. (2010)
- Edebé-Rodeira 1º BAC: ISBN: 978-84-8349-193-5. (2008)
- Edebé-Rodeira 2º BAC: ISBN: 978-84-236-9282-8. (2010)
- S-M 3º ESO: ISBN: 978-84-675-1654-8. (2007)
- S-M 4º ESO: ISBN: 978-84-081-9854-9. (2008)
- S-M 1º BAC: ISBN: 978-84-049-9854-9. (2008)
- S-M 2º BAC: ISBN: 978-84-675-3469-6. (2009)