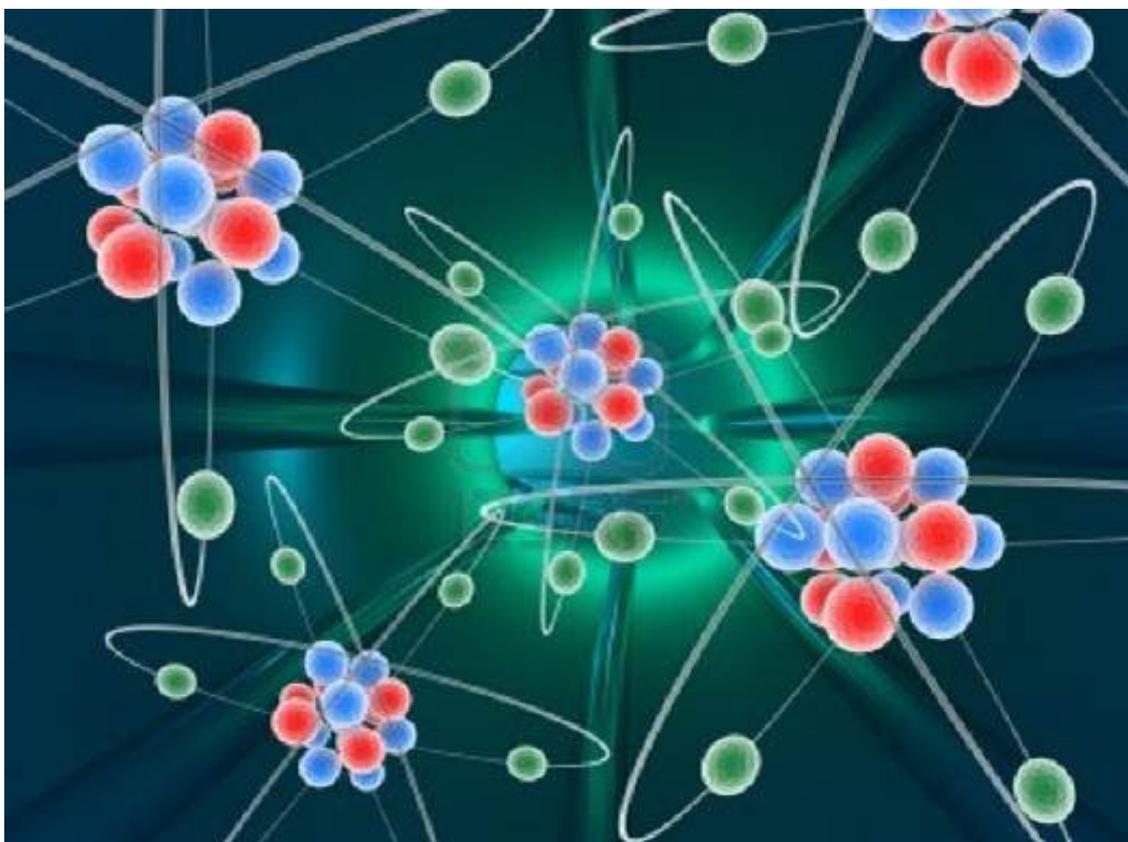




# ***ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN DE LOS MODELOS ATÓMICOS EN ESO***

---



**Gregorio Oliver Rodríguez**



## UNIVERSIDAD DE GRANADA

**MÁSTER UNIVERSITARIO DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN  
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN  
PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS  
(ESPECIALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA)**

### TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

***ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN DE LOS MODELOS  
ATÓMICOS EN ESO***

Autor	Director
Fdo: Gregorio Oliver Rodríguez	Fdo: Manuel Fernández González

## ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN DE LOS MODELOS ATÓMICOS EN ESO

Gregorio Oliver Rodríguez [ponlox@hotmail.com](mailto:ponlox@hotmail.com)

### Índice

<b>0. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....</b>	<b>4</b>
<b>0. ABSTRACT &amp; KEYWORDS.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2. EL MARCO CURRICULAR.....</b>	<b>8</b>
<b>3. EL PROBELA DE INVESTIGACIÓN. OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
<b>4. LOS MODELOS ATÓMICOS EN LOS MANUALES.....</b>	<b>11</b>
<b>5. LA PRESENTACIÓN DE LAS EXPOSICIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>29</b>

## **0. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE**

El estudio de determinados temas científicos en los manuales de secundaria, como son los modelos atómicos, pueden abordarse teniendo en cuenta la evolución y el carácter natural de la ciencia o no considerando estos aspectos.

En este trabajo se han analizado las exposiciones presentes en los libros de texto actuales de Física y Química de 3º y 4º ESO. Para ello se han seleccionado un total de 14 manuales de los cuales se han extraído resultados que posteriormente se ha analizado y discutido. De ellos se han analizado diferentes tópicos, entre otros, definición de modelo, presencia del modelo, nivel, finalidad didáctica, etc. Así como un análisis individual para cada modelo.

Todos los manuales de 3º cumplen con el programa oficial mostrando los modelos de Thomson y Rutherford. Aparece también el modelo Cuántico en cuatro manuales (de 3º y 4º), lo que no es muy recomendable por su nivel. En casi ningún manual aparece una definición clara del concepto de modelo y sólo algo más de la mitad de las exposiciones consideran aspectos relativos a la Naturaleza de la Ciencia.

### **Palabras Clave**

Naturaleza de la Ciencia; Libros de Texto; Modelos atómicos; Análisis didáctico de modelos atómicos.

## **0. ABSTRACT & KEYWORDS**

The study of scientific issues in secondary manuals, such as atomic models, can be carry out taking into account the evolution and the natural character of science or not considering these aspects.

In this research we have analyzed the expositions present in current textbooks of Physics and Chemistry of 3rd and 4th of Secondary Education. For this 14 manuals has been selected, which were extracted results and then analyzed and discussed. We have analyzed different points, among others, definition of model, presence, level, didactic, etc. As an individual analysis for each model.

All manuals of 3rd accomplish the official program showing Thomson and Rutherford models. The Quantum model also appears in four manuals (3rd and 4th), which is not recommended for its level. Really few manuals show a clear definition of model and just over half of exposures consider aspects of Nature of Science.

### **Keywords**

Nature of Science; Textbook; Atomic models; Didactic analysis of atomic models.

## 1. INTRODUCCIÓN

### La historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia

Desde hace varias décadas la historia y la epistemología de la ciencia comienzan a jugar un papel importante en la enseñanza de la ciencia, donde conviene establecer una visión menos dogmática de la forma en la que se crea el conocimiento. Por tanto sería de gran interés transmitir una idea clara de cuál es la naturaleza de la ciencia y el proceso por el cual las actividades científicas se llevan a cabo (Chamizo, 2007).

Las aportaciones de la historia de la ciencia (HC) a la enseñanza de las ciencias que suelen señalarse son las siguientes (Fernández-González, 2000):

1) Atenuar el dogmatismo con que se presenta.

La enseñanza de la ciencia no ha de presentarse como una enseñanza de soluciones en la que se omite en respuesta a qué problemas aparecen las teorías o modelos para explicarlos. Ni éstos se han de presentar como verdades absolutas del conocimiento. En este sentido podemos poner como ejemplo el principio de inercia de Galileo que responde a su preocupación por defender la teoría heliocéntrica de Copérnico, ya que, con él, pudo explicar que el movimiento de los cuerpos en la superficie terrestre (caída libre, proyectiles) sigue siendo el mismo, aunque la Tierra se mueva.

2) Poner de relieve la historicidad y la dimensión humana de la ciencia.

Los alumnos han de ver que la ciencia tiene una dimensión histórica y se encuentra en continuo progreso, no es algo definitivo e inalterable. Han de darse cuenta también que el saber científico es el resultado del saber humano y del desarrollo colectivo.

3) Mostrar la relación ciencia-técnica-sociedad (CTS).

Para poner de manifiesto las múltiples dimensiones del conocimiento científico ya que existe una permanente interacción entre la ciencia y la sociedad, con implicaciones a muy diversos niveles: económico, sociológico, ideológico, etc. E igualmente están conectadas en numerosas ocasiones con el desarrollo de la tecnología. La interacción ciencia-sociedad con frecuencia suele entenderse de una manera unidireccional, considerando las repercusiones que la ciencia y la tecnología tienen sobre la sociedad, cuando en realidad es de doble sentido, la técnica puede preceder a la ciencia (p.ej. la construcción de máquinas mecánico-térmicas precedió a su estudio por la mecánica o la termodinámica), o la ciencia puede ser origen de múltiples aplicaciones técnicas.

4) Conocer las dificultades y concepciones de los alumnos.

Muchas veces las ideas previas que tienen los alumnos acerca de un tema en concreto, pueden ser las mismas que se tenían en el pasado, lo cual es una oportunidad para prevenirlas y superarlas utilizando la HC.

5) Selección, secuenciación y exposición de contenidos.

La HC ayuda a los profesores a saber qué seleccionar y en qué orden han de presentarle los contenidos a los alumnos para que éstos los comprendan mejor.

Por otra parte, pero muy en relación con los puntos anteriores (Solves y Traver, 1996) señalan como principales papeles que desarrolla la HC en la enseñanza de las ciencias los siguientes:

1) Permite ser críticos con la imagen tópica de la ciencia y, en concreto, con tergiversaciones e interpretaciones históricas que aparecen en los textos y contribuyen a dicha imagen.

2) Permite extraer de dicha historia los problemas significativos y poner al alumno en situación de abordarlos, planteando situaciones de aprendizaje que permitan a los alumnos, en cierta medida, reconstruir los conocimientos científicos. Con ello, se pretende evitar el erróneo planteamiento empirista que introducen los experimentos sin tener en cuenta el problema histórico que los motivó, las sucesivas hipótesis que se plantearon en su interpretación, etc.

3) Permite mostrar la existencia de grandes cambios de paradigmas en el desarrollo de la física y la química (p.ej. del flogisto a la teoría de la combustión de Lavoisier, de la naturaleza corpuscular de la luz a la ondulatoria, de la acción a distancia a la teoría de campos, etc.). Esto puede favorecer los cambios conceptuales de los alumnos, por similitud a los grandes cambios de conceptos, modelos y teorías en la ciencia.

4) Posibilita mostrar el carácter hipotético, tentativo de la ciencia y mostrar, asimismo, las limitaciones de las teorías, sus problemas pendientes de solución, etc. Así se presenta a los alumnos la aventura de la creación científica, evitando visiones dogmáticas.

Conviene también clarificar de qué forma se desarrolla la ciencia, ya que, por una parte, la mayoría de las teorías científicas aceptadas a lo largo de la historia no se han derrumbado repentinamente para dar lugar a nuevas, sino que se han ido desarrollando y refinando resistiéndose a las dificultades hasta que llega un momento que ello es imposible y terminan dando paso a otras. Por otra parte, la contribución de cada científico está basada en el trabajo de muchos otros, en la naturaleza colectiva del trabajo científico.

5) Se puede mostrar la ciencia como una construcción humana, colectiva, fruto del trabajo de muchas personas, para evitar la idea de una ciencia hecha básicamente por genios, en su mayoría hombres.

6) Contribuye a mejorar las actitudes del alumnado hacia la ciencia y su aprendizaje ya que pone de manifiesto el carácter humano de ésta y suaviza el dogmatismo con que se presenta.

A pesar de que la importancia de la historia de la química fue reconocida desde principios de los años 1920, en la práctica real, para la mayoría de los libros de texto, sólo ha servido de modo retórico.

Tradicionalmente suele haber varias formas de introducir la HC en enseñanza y en los libros de texto: notas históricas breves, comentarios y anécdotas, o reconstrucciones históricas y fragmentos originales. Sin embargo lo que nos interesa es que esa HC esté integrada en las clases de ciencias ya que la historia es parte indisoluble de la propia ciencia (Rodríguez y Niaz, 2002).

### **La naturaleza de la ciencia en la enseñanza de la ciencia**

La naturaleza de la ciencia (NdC) tiene una serie de características básicas que resultan de especial interés para el alumnado. En este sentido se ha señalado que los estudiantes deberían aprender que (Lederman *et al.*, 2002):

- El conocimiento científico nunca es absolutamente cierto, sino que está sujeto a cambios con nuevas observaciones y reinterpretaciones de las observaciones existentes. Además es empírico, esto es, se basa o se deriva de observaciones del mundo natural.

- La ciencia se basa en la observación y la deducción. Las observaciones se recogen mediante los sentidos humanos y extensiones de éstos. Las deducciones son interpretaciones de las observaciones con lo que distintas perspectivas contribuyen a múltiples interpretaciones válidas de las observaciones.

- El conocimiento científico es subjetivo en parte y nunca puede ser totalmente objetivo. La ciencia está influida y guiada por las teorías científicas y las leyes aceptadas. La formulación de preguntas, las investigaciones y las interpretaciones de los datos se filtran a través de las teorías vigentes. Ésta es una subjetividad inevitable, pero permite a la ciencia progresar y permanecer consistente.

Podemos concluir por tanto que la comprensión de la NdC facilita el aprendizaje de los contenidos de las materias científicas con la consiguiente asimilación de conceptos.

Por otra parte se pone de manifiesto (McComas, Almazroa y Clough, 1998), el debate sobre la relación entre lo que los profesores creen acerca de la naturaleza de la ciencia y lo que luego se comunica a los estudiantes. Por tanto es vital que la comunidad de educación científica proporcione una visión precisa de cómo funciona la NdC para estudiantes y profesores.

Es recomendable que tanto unos como otros presten atención a la NdC y no sólo a los hechos y principios de la pura ciencia. Los estudiantes tienen que tener la oportunidad de experimentar la ciencia libre de leyendas, conceptos erróneos y mitos acerca de ella. De esta forma es más seguro que la educación científica sea campo de estudio de más interés que lo habitual. Si nuestros estudiantes reciben una enseñanza efectiva de la NdC se formarán de manera más adecuada.

Dentro del ámbito de la NdC el concepto de modelo muestra una notable importancia. Está recibiendo tal atención en la epistemología, a raíz, entre otras cosas, de las investigaciones específicas en psicología del aprendizaje, ciencia cognitiva y didáctica de las ciencias, que lo han señalado como un concepto poderoso para entender la dinámica de la representación que tanto científicos como estudiantes se hacen del mundo (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

La construcción de modelos es algo inherente al proceso de conocimiento que se caracteriza por una sucesión de elaboraciones y sustituciones de modelos. Pero ¿qué son los modelos? En este sentido se postula que existen diferentes definiciones de autores en cuanto al concepto de modelo, aunque podemos decir de manera generalizada que hay consenso en torno a la idea de que todo modelo es una representación abstracta del conjunto de interacciones que conceptual y metodológicamente se delimitan como objeto de conocimiento. Por tanto, un modelo es una construcción imaginaria y arbitraria de un conjunto de objetos o fenómenos. El modelo se formula conceptual y metodológicamente con el propósito de estudiar el comportamiento, provocado o no, de esos objetos o fenómenos (Gallego-Badillo, 2004).

El modelo no es un calco de la realidad tal y como ésta es captada por los sentidos. Para cada porción de la realidad que es objeto de un problema, pueden formularse diversos modelos. El modelo funciona como una representación análoga de la realidad, a la que a menudo sustituye.

No hemos de olvidar por tanto el problema que supone la relación modelos teóricos – realidad, ya que los modelos son simplificaciones o representaciones idealizadas de los sistemas que se supone existen en la naturaleza, es decir, son analogías de los sistemas reales.

La enseñanza de las teorías y modelos atómicos hemos de abordarla desde una visión epistemológica e histórica, permitiendo así a los estudiantes que entiendan el significado de un

modelo científico y lo que éste representa en el desarrollo de la ciencia, de esta manera aumentaremos la capacidad de pensamiento crítico.

En la actividad docente los profesores pueden utilizar diferentes modelos, con una movilidad entre los mismos (saltos de uno a otro) que los alumnos pueden no percibir fácilmente. Además, y con fines didácticos, se utilizan simplificaciones de modelos complejos, que se alejan de éstos, siendo esta diferencia clara para el docente y no tan evidente para el que aprende. Como resultado de esto, los alumnos construyen su propio modelo de representación del fenómeno en cuestión (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

Por tanto, debemos relacionar siempre de manera clara unos modelos con otros, contextualizándolos y facilitando los fenómenos que llegan a ser conocidos y contradicen el modelo vigente. De este modo nuestros alumnos serán capaces de comprender la evolución de un modelo a otro. Igualmente habría que insistir en marcar la diferencia existente entre lo que nos dicen estos modelos y lo que realmente ocurre en la naturaleza.

## 2. EL MARCO CURRICULAR

El tema de nuestra investigación gira en torno a la presentación y las características de los modelos atómicos en los libros de texto de 3º y 4º de ESO. Por tanto hemos de revisar todo lo que aparezca referente a este tema en el Real Decreto 1631/2006, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (MEC, 2007).

Vamos a entresacar lo más destacado en referencia a nuestro tema de estudio que viene señalado en el Real Decreto, en el preámbulo las competencias básicas, objetivos, contenidos y criterios de evaluación.

Así en el Preámbulo encontramos:

“La unidad y diversidad de la materia es el eje central de los contenidos de Física y química en el tercer curso. Se estudian sus propiedades, desde una perspectiva macroscópica e introduciendo los primeros modelos interpretativos y predictivos de su comportamiento a nivel microscópico, llegando hasta los primeros modelos atómicos.” (p. 691).

En cuanto a las **competencias básicas** más relacionadas con el tema podemos destacar en la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico:

“... el mejor conocimiento del mundo físico requiere el aprendizaje de los conceptos y procedimientos esenciales de cada una de las ciencias de la naturaleza y el manejo de las relaciones entre ellos: de causalidad o de influencia, cualitativas o cuantitativas, y requiere asimismo la habilidad para analizar sistemas complejos, en los que intervienen varios factores.” (p. 692).

Y un poco más adelante dice:

“Es necesario para ello lograr la familiarización con el trabajo científico, para el tratamiento de situaciones de interés, y con su carácter tentativo y creativo...” (p. 692).

Puesto que nuestro estudio está comprendido en el área de las ciencias de la naturaleza, esta competencia será una de las principales.

Y ya de una manera más indirecta podríamos también considerar la autonomía e iniciativa personal cuando señala:

“... la capacidad de analizar situaciones valorando los factores que han incidido en ellas y las consecuencias que pueden tener. El pensamiento hipotético propio del quehacer científico se puede, así, transferir a otras situaciones.” (p. 693).

Sabiendo en base a qué se desarrollaron los distintos modelos atómicos el alumno también podrá trabajar esta competencia.

Entre los **objetivos** de la enseñanza de las Ciencias Naturales en esta etapa podríamos destacar el objetivo 9:

“Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia.” (p. 693)

En cuanto a **contenidos** nos vamos a centrar en el segundo ciclo de la ESO, esto es, tercer y cuarto curso. Reproduciremos a continuación los bloques y apartados que más importancia tengan para nuestro estudio:

Comenzaremos por 3º de ESO que consta de 4 bloques (p. 696):

Bloque 1. Contenidos comunes.

Utilización de estrategias propias del trabajo científico.

Bloque 2. Diversidad y unidad de estructura de la materia.

La teoría atómico-molecular de la materia.

Bloque 3. Estructura interna de las sustancias.

Estructura del átomo. Modelos atómicos de Thomson y de Rutherford.

El 4º de ESO consta de 5 bloques (pp. 698-699):

Bloque 1. Contenidos comunes.

Familiarización con las características básicas del trabajo científico.

Bloque 4. Estructura y propiedades de las sustancias. La estructura del átomo y enlaces químicos.

Como vemos, es en 3º donde aparecen explícitamente dentro del bloque 3 la estructura del átomo y los modelos atómicos de Thomson y de Rutherford, no siendo así en 4º. No obstante hemos de apuntar que la mayoría de los libros de texto recogen estos contenidos en 4º, posiblemente pensando en que ambos cursos, forman un ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria.

Los **criterios de evaluación** por tanto se refieren al bloque 3 de 3º, del que se especifican:

“Describir los primeros modelos atómicos y justificar su evolución para poder explicar nuevos fenómenos, así como las aplicaciones que tienen algunas sustancias radiactivas y las repercusiones de su uso en los seres vivos y en el medio ambiente.

Se trata de comprobar que el alumnado comprende los primeros modelos atómicos, por qué se establecen y posteriormente evolucionan de uno a otro, por ejemplo cómo el modelo de Thomson surge para explicar la electroneutralidad habitual de la materia.” (p. 697).

### 3. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. OBJETIVOS

#### Interrogantes de investigación

Según lo visto en la Introducción, tanto la HC y como la NdC pueden desempeñar un papel fundamental en la enseñanza de las ciencias y, concretamente, en física y química.

Nuestra investigación está estrechamente ligada con estas cuestiones y muy particularmente con la utilización de modelos como herramientas para entender la representación que tanto científicos como estudiantes hacen del mundo. Son especialmente valiosos aplicados a entidades como el átomo, muy alejadas de la experiencia común.

En este sentido podemos plantearnos una serie de interrogantes, todos ellos referidos a los modelos atómicos en los manuales de 3º/4º ESO.

- a) ¿Cuál es la utilidad de la HC y la NdC en la enseñanza de la física y la química?
- b) ¿Se explica el significado del concepto de modelo y sus características fundamentales?
- c) ¿Qué modelos de átomo propugnan los documentos oficiales (BOE)?
- d) ¿Qué modelos ofrecen los manuales de 3º/4º ESO?
- e) ¿Se señala por qué surge el modelo y qué fenómenos o acontecimientos explica?
- f) ¿Se hacen ver las razones que provocaron su caída y sustitución por otro posterior?
- g) ¿Cada modelo aparece como contenido disciplinar o va ligado a la HC o a la NdC?

#### Objetivos

Una vez planteados los interrogantes, nos encontramos con la necesidad de dar respuesta a los mismos. Para ello vamos a fijar una serie de objetivos que detallarán de forma concreta las acciones encaminadas a responder a los interrogantes planteados. Cada uno de estos estará, por tanto, relacionado con uno o más objetivos.

En este sentido, los objetivos fijados son los siguientes:

- 1) Recoger los aspectos positivos que supone la inclusión de la HC y la NdC en la enseñanza de las ciencias.
- 2) Estudiar qué modelos de átomo son propuestos en los documentos oficiales (BOE), para los cursos de 3º/4º de ESO.
- 3) Señalar qué modelos suelen encontrarse en los manuales de cada curso.
- 4) Señalar si aparece recogido el significado de modelo en los manuales de 3º/4º de ESO.
- 5) Analizar si las exposiciones del modelo muestran por qué surgen y qué explican.
- 6) Determinar si se señalan las causas de la sustitución de un modelo por otro.
- 7) Especificar la manera en que los manuales muestran los diferentes modelos de átomo.
- 8) Concretar las finalidades didácticas para las que se presenta el modelo.

La relación de los interrogantes de investigación con los objetivos figura en la siguiente tabla:

Interrogante de investigación	Objetivo/s
a) ¿Cuál es la utilidad de la HC y la NdC en la enseñanza de la física y la química?	1
b) ¿Se explica el significado del concepto de modelo y sus características fundamentales?	4
c) ¿Qué modelos de átomo propugnan los documentos oficiales (BOE)?	2
d) ¿Qué modelos ofrecen los manuales de 3º/4º ESO?	3
e) ¿Se señala por qué surge el modelo y qué fenómenos o acontecimientos explica?	5
f) ¿Se hacen ver las razones que provocaron su caída y sustitución por otro posterior?	6
g) ¿Cada modelo aparece como contenido disciplinar o va ligado a la HC o a la NdC?	7 / 8

*Tabla 1. Relación interrogantes – objetivos*

#### 4. LOS MODELOS ATÓMICOS EN LOS MANUALES

La “Estructura de la Materia” constituye uno de los bloques temáticos fundamentales de la asignatura de Física y Química en la Enseñanza Secundaria y es dentro de este tema donde se enmarca el estudio de los modelos atómicos. Pero la normativa vigente (Real Decreto 1631/2006), en ningún momento especifica cuál es el modelo atómico más conveniente para cada etapa educativa, de ahí que cada texto presente un tratamiento particular del tema.

Gran parte de los textos de ESO ofrecen exclusivamente una visión clásica de los modelos atómicos, sin indicar sus limitaciones ni hacer referencia a la evolución de los mismos y la correspondiente necesidad de establecer otros modelos que corrijan esas limitaciones. De este modo se favorece que el alumno asuma la ciencia como algo ya acabado (García-Carmona, 2002).

Los modelos se han sucedido a lo largo de la historia a medida que nuevos descubrimientos echaban por tierra antiguas teorías y constituían una explicación más coherente del conocimiento del momento. Sin embargo, por lo general, los modelos atómicos se presentan desde una estrategia de memorización, 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 (Cid y Dasilva, 2012).

Por otra parte, y como consecuencia del afán por simplificar excesivamente los modelos atómicos, es fácil detectar algunos errores conceptuales en los textos de Física y Química de la ESO. Esto quizás sea debido, entre otras cosas, a un mecanismo de ‘reacción en cadena’ a causa de la aceptación acrítica de lo incluido en textos anteriores (García-Carmona, 2002).

Para estudiar cómo introducir los modelos atómicos en los textos de secundaria hemos de tener en cuenta las principales características cognoscitivas referentes a este tema para un alumno de la E.S.O. Algunas de estas características principales son las siguientes (Cid y Dasilva, 2012):

- El alumno no es capaz de deducir consecuencias o aplicaciones a partir de un modelo. Por este motivo los libros deberían explicitar las relaciones entre modelos y propiedades.
- El alumno entiende la noción de elemento como sustancia indivisible.
- El alumno es capaz de ordenar los elementos en familias en base a sus propiedades diferenciadoras.
- Solamente ve relaciones directas entre variables medibles.

De acuerdo con esto, de los resultados del análisis de diferentes libros de texto de Secundaria, en relación a cada uno de los modelos atómicos por separado, se muestra que (Cid y Dasilva, 2012):

- Modelos de Thomson y Rutherford: aparecen prácticamente igual a lo largo de los 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.
- 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 algunos textos en los que se parte de la interacción luz-materia para explicar el modelo y se utiliza posteriormente para justificar los espectros, el efecto fotoeléctrico, etc.
- 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 general, los libros de texto muestran que cualquier modelo fue creado por un científico posteriormente a sus experimentos para explicar las evidencias puestas de manifiesto. No obstante, se presentan los descubrimientos de un modo descontextualizado, sin dejar clara la línea de evolución de unos modelos a otros.

En nuestro trabajo vamos a comprobar si, en primer lugar, el manual define el término “modelo”. A continuación estudiaremos si señala por qué surgió, qué fenómenos explica y por qué fue sustituido por otro.

## **5. LA PRESENTACIÓN DE LAS EXPOSICIONES**

### **Modalidades**

Los diferentes modelos atómicos que podemos encontrar en los manuales de 3º y 4º ESO pueden aparecer en estos de maneras diversas. La forma y el lugar en el que aparezcan dan idea de la importancia concedida por el manual a dichos temas (y cualquier otro), además de la finalidad didáctica perseguida. Estas circunstancias tendrán mayor o menor impacto para los alumnos, que juzgarán su importancia según una modalidad u otra y acometerán su estudio en consecuencia.

Es frecuente que el manual presente, para ampliar la información, algún modelo atómico adicional a los marcados en el programa oficial. En tal caso puede ocurrir que los modelos oficiales aparezcan siguiendo modalidades preferentes y los otros no. Aunque siempre los primeros figuran de modo preferente, excepto algún detalle complementario que podría ir en ubicaciones de menor consideración.

Las principales modalidades de presentación (Fernández, 2000: 80) son las siguientes:

- *En el texto principal.*

Es la forma de dar mayor relieve a cualquier contenido, y a los modelos atómicos en particular. Es obligatoria para los modelos marcados por el programa oficial. Permite un mayor desarrollo de la exposición, sin las limitaciones de las otras modalidades. A su vez, los alumnos captarán estos contenidos como algo importante en el temario, lo que será tenido en cuenta a la hora de estudiarlos.

- *En recuadros al margen.*

Los recuadros suelen ser secciones fijas de muchos manuales, que suelen llevar títulos llamativos como: *Recuerda, Es importante saber, Te interesa saber, Ideas importantes*, etc. El mismo papel pueden desempeñar las inclusiones no encuadradas que aparecen en el espacio blanco del formato en página terciada.

Transmiten la idea de que la información que presentan no es esencial sino más bien complementaria. Es muy utilizado para reseñas biográficas. También es frecuente su uso para mostrar experimentos que condujeron a un modelo, o un breve relato histórico en torno al mismo. Alguna vez aparecen, y esto es interesante, como resumen de lo dicho en el texto principal.

- *En anexos al final del capítulo.*

Los anexos al final del capítulo o unidad suelen mostrar información complementaria a la principal, como curiosidades, reseñas históricas y biográficas, avance de ideas o conceptos que se verán en cursos siguientes, etc. A veces aparecen fragmentos o incluso representaciones gráficas originales del autor del modelo, (siempre y cuando estos no sean complejos y difíciles de entender a esas edades). Es una gran oportunidad para acercar de primera mano a los alumnos la dimensión humana de la ciencia, atenuando el dogmatismo con el que se suele presentar.

Más frecuente es encontrar extractos de libros de Historia de la Ciencia, sobre temas diversos, incluidos el desarrollo de los modelos atómicos. Tampoco faltan aquí reseñas biográficas, sin las limitaciones que presentan en otras modalidades. Las reseñas biográficas de los creadores de los modelos van a permitir que los alumnos sean capaces de contextualizar el modelo y que sean conscientes de las dificultades y situaciones históricas y sociales en las que ese modelo se desarrolló.

- *Al pie de las ilustraciones*

Las imágenes, figuras, ilustraciones y/o representaciones que pudieran aparecer de cada modelo van acompañadas de un pequeño texto identificativo. Pueden añadir, además, alguna pequeña información adicional, dentro de las posibilidades muy limitadas que ofrece esta modalidad.

Las ilustraciones van muy ligadas a la parte discursiva. Si esta es del texto principal, las figuras ligadas a este participan de su importancia.

- *Notas a pie de página.*

Las notas al pie de páginas generalmente le sirven al autor para explicar algún concepto que pueda resultar extraño a los alumnos y que es necesario para comprender las ideas expuestas en el texto principal, o bien para hacer una pequeña reseña biográfica del autor del modelo.

De todos modos, los contenidos que aparecen en esta modalidad van en cierto modo marcados de carácter secundario.

### **Finalidades didácticas**

Los modelos atómicos presentes en los manuales pueden aparecer como una mera información descriptiva sobre la estructura del átomo, esto es, qué partículas lo componen y cómo se distribuyen. Se trataría por tanto de un contenido puramente disciplinar en el que no se destacan aspectos relacionados con la NdC (como modelización y evolución de la ciencia).

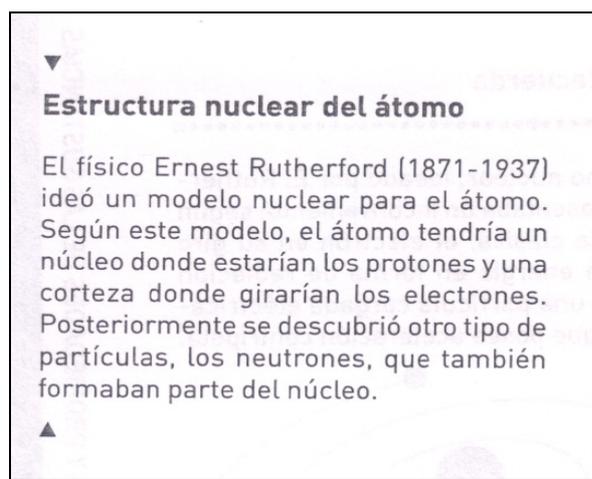
Podemos encontrarnos también una situación diferente, en la que se conecte con la NdC. En este caso, además de la información anterior, se añadirá otra del ámbito de la NdC, como por ejemplo, qué representan los modelos, cómo surgen, en qué se apoyan y cómo evolucionan.

He aquí, por tanto las dos principales posibilidades, bien diferenciadas en cuanto a la finalidad didáctica, con la que los modelos atómicos aparecen en los manuales.

Vamos a ilustrar lo que acaba de decirse tomando la exposición que sobre el mismo tema, el modelo atómico de Rutherford, ofrecen dos manuales diferentes (editoriales Edelvives y SM).

*Ejemplo 1. Edelvives, 4º (Arróspide y Manuel, 2008, p. 142)*

El modelo de Rutherford se presenta aquí de manera puramente disciplinar, basado, además, en un discurso totalmente descriptivo sin el menor atisbo de explicación. La exposición es de corte empírico-positivista, pues sólo interesa el resultado final. No se alude a la construcción histórica de dicho modelo, o a los hechos experimentales que explicaba, ni tampoco se hace referencia a su desarrollo por la comunidad científica.



Como se puede apreciar, en el texto del manual no aparecen los experimentos ni los razonamientos que conducen a un nuevo modelo atómico, que propone un átomo prácticamente hueco, constituido por un núcleo alrededor del cual girarían los electrones a distancias enormes

(relativamente). Además, tampoco se señala que dicho modelo tuvo que competir con un modelo rival, el modelo de átomo de Thomson (conocido como modelo de *pudding de pasas*).

*Ejemplo 2. SM, 4º (Cañas y otros, 2008, p. 181)*

Veamos ahora el siguiente caso, cuya exposición obedece a patrones muy diferentes.

**EL EXPERIMENTO DE LA LÁMINA DE ORO**

El físico neozelandés E. Rutherford (1871-1937) y sus discípulos Geiger y Marsden bombardearon una delgada lámina de oro con rayos alfa (partículas con carga positiva emitidas por sustancias radiactivas).

Esperaban que todas las partículas atravesaran la lámina y sus impactos pudieran recogerse de manera uniforme tras ella. No fue así: algunas partículas salían desviadas o incluso rebotadas en sentido contrario.

Rutherford concluyó que el átomo reunía toda su masa y su carga positiva en un punto diminuto al que llamó núcleo, el cual estaba rodeado por una distante capa de electrones.

Las hipótesis de este **modelo nuclear de átomo** son:

El átomo está constituido por un **núcleo central** con casi toda la masa del átomo, que contiene partículas con **carga positiva** llamadas **protones**.

En la corteza están los **electrones**, con una masa despreciable frente a la del núcleo. Giran en órbitas circulares concéntricas en torno al núcleo y su **carga negativa** equilibra a la positiva.

El tamaño del núcleo es muy pequeño en comparación con el tamaño de todo el átomo, y entre el núcleo y la corteza hay un espacio vacío.

**EXPERIMENTO DE RUTHERFORD**

En esta exposición puede constatar que Rutherford junto con sus discípulos, al realizar el experimento de la lámina de oro no encontraron lo esperado. El modelo de Thomson, estudiado antes, no explicaba este comportamiento.

Para dar cuenta de estos resultados, Rutherford propuso un nuevo modelo, el modelo nuclear de átomo. En este sentido se da información acerca de cómo y por qué surge un modelo. Se toca, pues, un aspecto muy interesante del ámbito de NdC. Se trataría, por tanto, de una exposición más completa que la primera. A pesar de todo, no aparece de forma clara que el argumento crucial que apuntaba a un modelo de átomo hueco con un núcleo muy reducido no era el gran ángulo desviación de las partículas alfa, sino el hecho de que únicamente 1 de cada 20.000 partículas se desviaron ángulos grandes.

Por otra parte para completar dicho apartado hubiera sido interesante mencionar la 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).

## 6. METODOLOGÍA

### Manuales que constituyen la muestra

Estudiaremos la presencia de los diferentes modelos de átomo en una serie de libros de texto pertenecientes a las asignaturas de Física y Química de 3º y 4º de ESO (tabla 2). Los textos han sido seleccionados de entre los más usados (ver Bibliografía).

Libro	Curso	Editorial
1	3º ESO	Anaya
2	3º ESO	Edelvives
3	3º ESO	Elzevir
4	3º ESO	Oxford
5	3º ESO	SM
6	3º ESO	Vicens Vives
1	4º ESO	Anaya
2	4º ESO	Bruño
3	4º ESO	Edelvives
4	4º ESO	Elzevir
5	4º ESO	Oxford
6	4º ESO	Santillana
7	4º ESO	SM
8	4º ESO	Vicens Vives

*Tabla 2. Libros de texto estudiados*

### Aspectos a considerar

En el apartado anterior se han estudiado de forma general diversos aspectos sobre la presencia de los modelos atómicos en los manuales como pueden ser las diferentes modalidades de presentación y sus posibles finalidades. Vamos a retomar ahora estos aspectos para que nos sirvan de guía en el análisis de la exposición de modelos atómicos. La tarea se llevará a cabo estudiando las modalidades de cada uno que aparece en las exposiciones de los manuales.

Los aspectos son muy diversos. En nuestro estudio van a tenerse en cuenta los siguientes: definición de modelo, presencia del modelo, ubicación, nivel, finalidad didáctica, cuestiones y errores. Ellos van a servir de guía a nuestro análisis. Igualmente vamos a indagar qué resultados ofrece la comparación de los manuales de 3º y de 4º de las mismas editoriales y, por tanto, del mismo equipo de autores.

### 1) Nivel adecuado

Ante todo es conveniente referirnos a los cuatro modelos atómicos que suelen aparecer e indicar los elementos que suelen mostrar para ser considerados adecuados a este nivel. Esto vamos a hacerlo sobre ejemplos de cada uno, que se muestran completos en los anexos

*Modelo de Thomson.* SM 3º, p.68.-

Este modelo se presenta teniendo en cuenta el descubrimiento del electrón (con carga idéntica para cualquier gas), según las experiencias llevadas a cabo por el propio Thomson en 1897. Se conecta con el modelo atómico anterior (Dalton) para decir que mediante dicho modelo no se podía explicar la existencia del electrón como partícula subatómica. Además se mencionan los fenómenos conocidos hasta entonces que se podían explicar con el modelo de Thomson. A todo esto tenemos que sumar una imagen representativa de dicho modelo, al margen del texto principal.

*Modelo de Rutherford.* Santillana 4º, pp. 184-185.-

Comienza con la experiencia de Rutherford para comprobar la validez del modelo de Thomson. Explica en qué consisten los rayos alfa y cómo se llevó a cabo la experiencia. A continuación enuncia los resultados obtenidos y explica por qué con esos resultados el modelo de Thomson debía corregirse. Posteriormente describe el modelo acompañado de una representación gráfica del átomo según dicho modelo y de las conclusiones que pueden sacarse de dicha experiencia. A todo esto añade la explicación de la formación de iones.

*Modelo de Bohr.* Edelvives 3º, pp. 87-88.-

Comienza explicando los descubrimientos que indicaban la necesidad de modificar el modelo atómico de Rutherford: los espectros y la incoherencia con las leyes clásicas. A continuación relata cómo Bohr elaboró su modelo y hace una pequeña descripción del mismo, acompañado de gráficas explicativas. Se habla de niveles de energía y de saltos entre niveles para explicar las líneas de un espectro. Por último se dice que sólo es válido para el átomo de hidrógeno. Todo esto es acompañado de una foto de Bohr y de una pequeña reseña biográfica.

*Modelo Cuántico.* Santillana 4º, p. 188.-

Hay que aclarar que de este manual se ha considerado como adecuada sólo la parte del modelo Cuántico que aparece en la página 188 (el resto se sitúa dentro de lo excesivo). Expone que investigaciones posteriores al modelo de Bohr pusieron de manifiesto fenómenos imposibles de explicar por este modelo, Establece luego las diferencias fundamentales con el modelo de Bohr. Por ejemplo las que hay entre órbita y orbital. Se comparan ambos modelos para poner de manifiesto que, en el caso del hidrógeno, la zona de mayor probabilidad de encontrar al electrón, coincide con la órbita de Bohr. Todo ello, acompañado de imágenes.

### 2) Definición de modelo.

Se comprobará si el libro explica qué se entiende por modelo, independientemente si la definición es más o menos adecuada. Para ello la pregunta-guía a hacer será la siguiente: ¿Aparece la definición del concepto de modelo?

### 3) Modelo presente.

Nos centraremos en el estudio de cuatro modelos: Thomson, Rutherford, Bohr y Cuántico. Para ello lo primero que habrá que considerar es si aparecen en los manuales que

disponemos como muestra. Por tanto la pregunta-guía que nos plantearemos en este punto será: ¿Trata el manual el modelo de Thomson / de Rutherford / de Bohr / Cuántico?

#### 4) Ubicación.

Como vimos en el apartado 3.2 las modalidades de presentación pueden ser diversas. En consecuencia, la pregunta-guía en este caso será: ¿Cómo aparece el modelo en el manual, en el texto principal / al margen / en anexo / al pie de una ilustración / como nota a pie de página?

#### 5) Nivel.

El nivel que muestre la exposición de cada modelo en los diferentes manuales puede variar. Por ello debemos averiguar cuál es este. Entonces la pregunta-guía es: ¿El nivel de profundidad con que se aborda cada modelo en relación al nivel cognitivo del alumno es excesivo / adecuado / insuficiente?

Como el término “adecuado” puede resultar ambiguo, a fin de precisarlo algo más, antes hemos ejemplificado su significado sobre un modelo concreto. Una vez precisado “adecuado” es más fácil definir “insuficiente” y “excesivo”.

#### 6) Finalidad didáctica.

En el apartado 3.3 veíamos que las finalidades con las que cada modelo se presenta pueden ser diferentes. En consecuencia tendremos que ver la respuesta del manual a la siguiente pregunta: ¿Se presenta el modelo atómico como un contenido disciplinar, o se tienen en cuenta, a través de él, aspectos de la NdC?

#### 7) Cuestiones.

Indagaremos la presencia de cuestiones de aplicación sobre modelos atómicos en los libros de texto y evaluaremos de qué tipo son, si es que las hay.

#### 8) Errores.

En este punto analizaremos si los modelos atómicos y sus entornos presentan errores y, si es así, cuáles son estos y qué habría que cambiar para corregirlo.

### **Análisis por modelos**

Además del análisis de los modelos a través de la guía que ofrecen estos criterios, se llevará a cabo otro análisis, concretado en cada uno de los cuatro modelos propuestos. Así podrá recogerse una información complementaria interesante para nuestro estudio. Presentamos a continuación el protocolo a seguir, constituido por 14 preguntas para el análisis de cada manual.

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 “*pudding de pasas*”, aprovechando para relacionarlo con la geometría molecular? 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 del estudio de los espectros atómicos 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 qué momento ya que para hacerlo tenemos que interactuar con él, para entender el concepto de orbital? Si/Escaso/No

Modelo Cuántico 2 (C2): ¿Se usa el modelo para entender el concepto de valencia relacionando los electrones que caben en cada orbital? 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

## 7. RESULTADOS

Recordemos que los manuales de 3º y 4º de ESO revisados son 14 y muestran un total de 40 modelos atómicos, de los que 17 corresponden a manuales de 3º y 23 a manuales de 4º. Sus características se recogen en las tablas siguientes.

### 3º ESO

Libro	Def. de Modelo	Modelo presente	Ubicación	Nivel	Finalidad	Cuestiones	Errores
1	No	T,R	TxPr	T,R: Adec.	NdC.	- Preguntas tipo V/F - Justificar la exp. de R - Explicar según el mod. de T la existencia de cationes. - Identificar los modelos por representaciones dadas.	El mod. R explica la ordenación de los e en la corteza
2	Sí	T,R,B,C	T,R,B: TxPr C: Rec	T,R,B,C: Adec.	NdC.	- Resultados posibles de la exp. de R según el mod. de T - Descripción de los dif. modelos. - Preguntas tipo V/F.	---

3	Sí	T,R	TxPr	T,R: Adec.	NdC.	- Explicar la ionización por mod. T - Comparar la exp. de R a disparar una bala a una sandía.	Neutrones en el mod. R
4	No	T,R,B	TxPr + Anx	T,R,B: Adec.	NdC.	- Explicar la electrización por contacto e inducción por el mod. T - Por qué el mod. T no podía explicar los resultados de la exp. R - Modificación del mod. R por Bohr.	Neutrones en el mod. R
5	No	T,R,B,C	T,R: TxPr + Anx B,C: TxPr	T,R,B,C: Adec.	T,R,C: NdC B: Disc.	- Preguntas tipo V/F - Dibujar átomos según los dif. modelos - Reflexiones sobre un texto de los modelos T y R.	Neutrones en el mod. R
6	No	T,R	TxPr	T,R: Insuf.	T,R: Disc.	- Descripciones sobre los dif. modelos - Dibujar átomos según el mod. R - Descubrimientos que dieron lugar al mod. T	Neutrones en el mod. R

Tabla 3.1a. Resultados del análisis de libros de texto (3º ESO).

(Claves.- T: Thomson, R: Rutherford, B: Bohr, C: Cuántico, TxPr: texto principal, Rec: recuadro al margen, Adec: adecuado, Insuf: insuficiente, Disc: disciplinar, NdC: naturaleza de la ciencia)

#### 4º ESO

Libro	Def. de Modelo	Modelo presente	Ubicación	Nivel	Finalidad	Cuestiones	Errores
1	No	T,R,B	TxPr	T,R,B: Insuf.	T,B: Disc. R: NdC	- Conclusiones que se pueden extraer del mod. R - Descripciones sobre el mod. B.	Neutrones en el mod. R.
2	No	T,R,B,C	TxPr	T,R: Insuf. B,C:Adec.	Disc.	- Esquemas de los dif. modelos. - Preguntas tipo V/F. - Descripciones sobre dif. modelos.	Mod. T primer mod. atómico.
3	No	T,R,B.	T,R: Rec B: TxPr	T,R: Insuf. B: Adec.	T,R: Disc. B: NdC	- Modificación del modelo de Rutherford por Bohr.	Mod. T primer mod. atómico.
4	No	R,B	TxPr	R,B: Insuf.	Disc.	---	---
5	Sí	R,B	TxPr + Anx	R,B: Adec.	NdC	- Completar la exp. de R. - Explicar fenómenos por mod. R. - Explicar las líneas espectrales	¿El mod. R es el que sustituye al de Dalton?

6	No	T,R,B,C	B,C: TxPr + Anx T,R: TxPr	T,R,B,: Adec. C: Exce.	NdC.	- Relacionar frases con cada mod. - Preguntas tipo V/F.	---
7	No	R,B	TxPr	R,B: Adec.	NdC.	- Conclusiones que se pueden extraer de la exp. de R. - Preguntas tipo V/F - Similitudes mod. B - balón bajando una escalera.	---
8	No	T,R,B.	TxPr	T,R,B: Insuf.	Disc.	- Descripción mod. R. - Dibujar un átomo según mod. B. - Preguntas tipo V/F.	Neutrones en el mod. R.

Tabla 3.1b. Resultados del análisis de libros de texto (4º ESO).

(Clave.- T: Thomson, R: Rutherford, B: Bohr, C: Cuántico, TxPr: texto principal, Rec: recuadro al margen, Adec: adecuado, Exce: excesivo, Insuf: insuficiente, Disc: disciplinar, NdC: naturaleza de la ciencia)

Además de estudiar estos aspectos, se han analizado de forma concreta cada uno de los cuatro modelos según las cuestiones propuestas (ap.6). Los resultados obtenidos se muestran en las tablas que siguen.

### 3ºESO

Libro	Mod. Thomson			Mod. Rutherford			Mod. Bohr			Mod. Cuántico			Generales	
	T1	T2	T3	R1	R2	R3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	G1	G2
1	Sí	No	Poco	Sí	Sí	No	---	---	---	---	---	---	Sí	No
2	Sí	No	Poco	Sí	Sí	No	Sí	Poco	Sí	No	No	No	Sí	No
3	Sí	No	Poco	Sí	No	Poco	---	---	---	---	---	---	Sí	No
4	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	---	---	---	Sí	No
5	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí (B)
6	Sí	No	No	Sí	No	No	---	---	---	---	---	---	No	No

Tabla 3.2a. Resultados del análisis para cada modelo (3º ESO)

### 4º ESO

Libro	Mod. Thomson			Mod. Rutherford			Mod. Bohr			Mod. Cuántico			Generales	
	T1	T2	T3	R1	R2	R3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	G1	G2
1	Sí	No	No	Sí	No	No	Poco	No	No	---	---	---	Sí	No
2	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Poco	Sí	No	No	No	No	No
3	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Poco	Sí	---	---	---	Poco	Sí

4	---	---	---	Sí	No	No	Poco	No	No	---	---	---	No	No
5	---	---	---	Sí	No	Poco	Sí	Poco	Sí	---	---	---	No	Sí
6	Sí	No	No	Sí	No	Poco	Sí	No	No	No	Sí	Poco	Poco	No
7	---	---	---	Sí	Sí	No	Sí	Poco	No	---	---	---	No	No
8	Sí	No	No	No	No	No	Sí	Poco	No	---	---	---	No	Sí

Tabla 3.2b. Resultados del análisis para cada modelo (4º ESO)

## 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Vamos a analizar los resultados anteriores (tablas 3.1a-b y 3.2a-b) sobre los modelos atómicos para cada uno de los aspectos considerados.

### Comparación de resultados 3º - 4º

Por lo general, dentro de una misma editorial, los modelos que aparecen en 3º se suelen repetir en el siguiente curso, aunque esto no es siempre así. Los datos obtenidos son los siguientes:

El modelo de Rutherford aparece de forma sistemática en todos los casos en los que la misma editorial presenta manuales en ambos cursos. Tanto el de Thomson como el de Bohr vemos que aparecen en 3º y 4º tan sólo en la mitad de los casos, si bien es cierto, que el de Thomson aparece siempre en 3º y el de Bohr siempre en 4º. Por su parte, ninguna editorial presenta el modelo Cuántico en los dos cursos.

Cuando la misma editorial presenta modelos en 3º y 4º ESO, los modelos presentes en 3º ESO, supera a los de 4º en la mitad de casos, quedando 2 editoriales en las que el número para ambos cursos es igual, y una en la que se tratan más modelos en 4º que en 3º.

Realizando el análisis de nivel para cada editorial que presente manuales en ambos cursos, podemos decir que 2 de estas editoriales realizan una exposición de los modelos con un nivel adecuado tanto en los manuales de 3º como en los de 4º ESO; 3 de ellas hacen un tratamiento adecuado de los modelos atómicos en 3º ESO, aunque en el curso siguiente nos encontramos con un nivel insuficiente; y por último, existe un caso en el que el tratamiento es insuficiente en ambos cursos de esa editorial.

La finalidad didáctica con la que se presentan los modelos también es diversa en ambos cursos. Así, hasta 14 de los modelos presentes en los manuales estudiados de 3º ESO muestran aspectos relacionados con la NdC, disminuyendo esta cantidad hasta 10 para 4º de ESO.

### Definición de modelo

La definición del concepto de modelo aparece muy escasamente. Como veíamos antes sólo un total de 3 veces, en 2 manuales de 3º ESO y 1 de 4º ESO, pertenecientes a editoriales diferentes. En estos casos la definición precede, como no podría ser de otra manera, a los diferentes tipos de modelos propuestos posteriormente.

Las definiciones encontradas son las siguientes:

Libro 2 (3ºESO): *Recuerda que un modelo es una representación, gráfica o mental, que sirve para poder interpretar la naturaleza de algo de lo que no tenemos una certeza absoluta de cómo es realmente.*

Libro 3 (3º ESO): *Un modelo no es un hecho experimental que puede ser observado, sino que es un conjunto de ideas que permiten explicar y sistematizar las observaciones.*

Libro 5 (4º ESO): *Un modelo es una reproducción ideal de un fenómeno observado. Un modelo será tanto más perfecto cuanto con más claridad explique los hechos experimentales. Si una experiencia nueva no se puede explicar con un modelo previo, éste debe ser comprobado o abandonado.*

Los manuales restantes se limitan a hablar de modelo científico sin explicar qué se entiende por modelo.

### **Modelo presente**

En los manuales de 3º ESO, tal y como establece la legislación, Real Decreto 1631/2006, aparecen los modelos de Thomson y de Rutherford en todos los libros estudiados. Sin embargo, aunque en este Real Decreto no se hace mención a los modelos de Bohr y Cuántico, el primero aparece en 3 de los libros analizados y el segundo en 2 de ellos.

Para 4º ESO, la legislación no recoge de forma explícita ningún modelo, sin embargo, todos los manuales muestran los modelos de Rutherford y Bohr, 5 el de Thomson y 2 el modelo Cuántico.

En resumen, para ambos cursos, de los 14 manuales estudiados el modelo de Rutherford se encuentra presente en todos, tanto el modelo de Thomson como el de Bohr se encuentran presentes en 11 y el modelo Cuántico aparece en 4.

### **Ubicación**

En general casi todos los modelos se localizan en el texto principal, aunque cuatro de ellos presentan algunos modelos, también en anexos al final del capítulo. Otra modalidad de presentación encontrada ha sido en recuadros al margen, aunque sólo 2 de los manuales han hecho uso de este tipo de presentación.

### **Nivel**

Se han analizado un total de 40 modelos atómicos, de estos 17 correspondían a manuales de 3º ESO y 23 a manuales de 4º ESO.

De los resultados obtenidos podemos decir que 26 del total de los modelos estudiados presentan un nivel de exposición adecuado al alumno, mientras que 13 presentan un nivel insuficiente o escaso. Además, hemos encontrado un modelo con nivel excesivo.

Estos datos cambian bastante teniendo en cuenta el curso en el que aparece cada modelo. De esta forma, para el curso de 3º ESO 15 presentan un nivel adecuado o satisfactorio, quedando tan sólo 2 modelos con un nivel insuficiente.

En este curso no se ha encontrado ningún manual que presente modelos con nivel excesivo.

En el caso de 4º ESO el resultado es más equilibrado, ya que son 11 los modelos presentes de forma adecuada y 11 también los que muestran un nivel insuficiente, quedando tan sólo uno con nivel excesivo.

### **Finalidad didáctica**

La finalidad con la que los modelos aparecen en los manuales es diversa. Un total de 16 modelos muestran una finalidad disciplinar, esto es, suministrar información teórica sobre el tema. Se limitan a describir en qué consiste el modelo sin tener en cuenta cómo surge o por qué es sustituido por otro. En cambio, los 24 restantes tienen en cuenta aspectos relativos a la NdC, dando a entender que el conocimiento científico, fruto de la observación, nunca es totalmente cierto sino que está sujeto a cambios, a consecuencia de nuevas observaciones o interpretaciones.

Hemos de decir además, que en 3 de los manuales se da el caso de presentar finalidades diferentes dentro del propio manual para cada modelo atómico, esto es, un mismo manual puede presentar el modelo de Thomson de forma disciplinar mientras que para el modelo de Rutherford tiene en cuenta aspectos ligados a la NdC.

### **Cuestiones**

Las cuestiones que nos hemos encontrado al estudiar los manuales suelen ser cuestiones de tipo descriptivas, es decir, se le pide al alumno que describa un determinado modelo, o incluso que dibuje un átomo dado según el modelo estudiado. Además, abundan preguntas cerradas de tipo verdadero o falso sobre los modelos.

También encontramos preguntas reflexivas sobre conclusiones que pueden sacarse de los experimentos que se llevaron a cabo por los científicos, o para que los alumnos reflexionen sobre las similitudes entre características de un modelo atómico, como puede ser el de Bohr, y una situación de la vida real, como puede ser un balón bajando una escalera.

Otro tipo interesante de cuestiones son las que requieren a los alumnos explicar algunas propiedades o características de la materia en base a algún modelo dado. Es decir, enlazan lo teórico con lo real.

### **Errores**

Del total de los manuales estudiados, 10 presentan algún tipo de error en la exposición de los modelos atómicos. Uno es considerar el modelo de Thomson como si fuera el primer modelo atómico propuesto (2 manuales). Quizás habría que aclarar que es cierto para la nueva concepción del átomo divisible. Otro error frecuente es hablar de neutrones en el modelo de Rutherford (propuesto en 1911). Recordemos que el neutrón fue descubierto por Chadwick en 1932. Este segundo error aparece hasta en 6 manuales.

Además, nos encontramos con otros dos errores: uno en el que se explica la ordenación de los electrones en la corteza por el modelo de Rutherford; y otro en el que se entiende que el modelo de Rutherford es el que sustituye al de Dalton, no haciendo referencia alguna al modelo de Thomson.

### **Información sobre cada modelo**

Por último, los resultados obtenidos en el análisis de cada uno de los modelos (tablas 3.2a y 3.2b), dan respuesta a las preguntas vistas en el apartado 6.

Modelo de Thomson.- De los 14 manuales estudiados, 11 tratan el modelo de Thomson. Los de 3º de ESO, todos. De ellos, 10 lo vinculan con el descubrimiento del electrón (T1), ninguno relaciona la colocación de los electrones con la geometría molecular (T2), y tan sólo 1 relaciona el modelo de forma adecuada con las propiedades de la materia (T3), el resto lo hace poco o simplemente no lo hace.

Modelo de Rutherford.- Todos los manuales lo explican. De ellos 12 lo vinculan con la experiencia de rayos alfa (R1), 10 no advierten que dicho modelo no contempla la presencia de neutrones (R2), y prácticamente ninguno relaciona el modelo con las propiedades de la materia, o esto se hace muy poco (R3).

Modelo de Bohr.- De los 14 manuales, 11 se refieren a este modelo. Todos los de 4º de ESO lo hacen. Señalan los niveles de energía como principal diferencia con el modelo de Rutherford (B1), pero no relacionan el modelo con las propiedades de la materia o se hace muy poco (B2) y prácticamente la mitad parten de los espectros atómicos para justificar la cuantización de las órbitas (B3).

Modelo Cuántico.- Aparece en 4 de los manuales (2 de 3º y 2 de 4º). Cuando aparece, en ningún caso se tiene en cuenta el principio de incertidumbre (C1), uno solo de los manuales justifica el concepto de valencia (C2) y tampoco se relaciona este modelo con las propiedades de la materia (C3).

En referencia a todos los modelos, también podemos decir que la mitad de los manuales analizados no muestran una correcta visión histórica de cómo evolucionan los modelos y las causas que producen su sustitución (G1), también hay que señalar que los manuales que transmiten una visión positivista de la ciencia son aproximadamente un tercio del total (G2).

## 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Pasamos ahora a discutir e interpretar los resultados obtenidos (ap. 7) y analizados anteriormente (ap. 8), siguiendo cada uno de los aspectos considerados.

### Comparación 3º - 4º (misma editorial)

Todos los manuales que presentan modelos en ambos cursos. En 3º, sólo la mitad de ellos se limitan a cumplir con la legislación, es decir, únicamente presentan los modelos de Thomson y Rutherford. En estos casos, para 4º los tres amplían con el modelo de Bohr. Uno omite el modelo de Thomson, lo que puede no ser correcto si se insiste en la evolución de los modelos.

El modelo Cuántico, por su alto nivel teórico, no debería aparecer en ningún manual de este nivel. Lo hace, nada menos, que en dos manuales de 3º ESO. Se da la paradoja de que esas editoriales no lo presentan en el curso siguiente y, por tanto, hay un modelo más en 3º que en 4º.

La planificación que creemos más idónea es que en 3º se cumpla con el programa oficial y se incluyan los modelos de Thomson y Rutherford y en 4º, como máximo, se añada el modelo de Bohr con sólo lo más esencial.

En cuanto a nivel se refiere puede decirse que, en general, el nivel es adecuado. Sólo en algún caso el nivel encontrado es insuficiente. En 4º puede ser debido a que los autores consideren que ese tema se vio con profundidad en el curso anterior.

La finalidad didáctica también cambia teniendo en cuenta el curso. Así, encontramos mucha más presencia de aspectos ligados a la NdC en 3º que en 4º. Los autores quizás consideren que todos estos aspectos (cómo y en base a qué van surgiendo los modelos, cómo evolucionan y porqué terminan por quedar en desuso) ya se vieron de forma adecuada en 3º y por tanto en 4º se limitan a una mera descripción teórica del modelo.

## **Definición de modelo**

Las definiciones de modelo que encontramos en los manuales fueron únicamente tres. Teniendo en cuenta que no existe unanimidad en cuanto al concepto de modelo (ap.1), las tres son aceptables ya que dan a entender que un modelo es una representación abstracta, que facilita la comprensión y el estudio de una realidad más compleja.

Más allá de la idoneidad de las definiciones, lo que resulta del todo insuficiente es la escasez de éstas. Tres definiciones en 14 manuales es una proporción muy pequeña. Por tanto la gran mayoría abordan el estudio de los modelos sin aclarar antes de qué se trata o en qué consiste un modelo científico. El peligro es que los alumnos terminen asumiendo que lo estudiado es lo que se corresponde a la realidad.

## **Modelo presente**

El modelo de Rutherford, como veíamos antes, se encuentra presente en todos los manuales. Esto, independientemente del programa oficial, es correcto bajo el punto de vista didáctico ya que transmite de una manera clara la estructura esencial del átomo: núcleo pesado con carga positiva y girando alrededor de él los electrones (lo cual es la base de modelos posteriores).

Los modelos de Thomson y de Bohr aparecen también muy frecuentemente en los manuales estudiados, aunque no siempre. Su presencia sirve de antesala y evolución del de Rutherford. Con lo cual, si no aparecen se quiebra la línea de la evolución histórica de la ciencia.

La omisión del modelo Cuántico es correcta a este nivel. El único problema que puede tener es que los alumnos conciban el modelo de Bohr como el modelo último. Pero esto se soluciona con una simple alusión.

## **Ubicación**

La gran mayoría de los textos ha optado por incluir los modelos en el texto principal. Esto podría estar bien si los modelos son los adecuados al nivel y al programa oficial. Pero si aparecen todos, impide señalar lo más esencial de lo secundario. Para tal caso, algunos manuales han utilizado anexos al final del capítulo en los que se amplía la información.

Los modelos encontrados en recuadros al margen, se muestran pobres en cuanto a contenidos, especialmente los modelos de Thomson y Rutherford, debido a las limitaciones que esta modalidad presenta. Sin embargo es lo adecuado para el modelo Cuántico, ya que una pequeña introducción puede ser más que suficiente para esta etapa.

## **Nivel**

El nivel encontrado varía si el estudio se hace por cursos. Para 3º ESO, la mayoría de manuales muestra un nivel adecuado en los modelos que presentan. Para 4º, en cambio, encontramos el mismo número de manuales con nivel adecuado e insuficiente. Es en este curso donde, como veíamos antes, muchos autores pueden considerar que los modelos se trataron de forma adecuada en el curso anterior y por tanto se limitan a hacer un breve resumen. Otra cosa es cuando algún modelo es tratado de forma insuficiente en 4º y ni siquiera se ha visto en 3º.

Por último, nos encontramos con un caso en el que el modelo Cuántico, cuya sola presencia ya es improcedente, se trata excesivamente, explicando tipo de orbitales, geometrías de estos, etc.

### **Finalidad didáctica**

Buena parte de los modelos presentes en los manuales estudiados tienen en cuenta aspectos relativos a la NdC. Se da a entender cómo y en base a qué surgen, qué explican y qué observaciones provocan su caída para dar paso a nuevos modelos. De paso se acerca a los alumnos la dimensión humana de la ciencia y el trabajo científico.

Por otra parte, nos encontramos con un número considerable de exposiciones, hasta 16, en que no se consideran dichos aspectos. Se muestran como contenidos teóricos sin explicar cómo surgen, en qué se basan o porqué caen en desuso. El discurso se convierte en una pura descripción de fenómenos. Esta orientación didáctica de los libros de texto, pone en riesgo cualquier aprendizaje de tipo significativo sobre el tema.

### **Cuestiones**

Por lo general abundan preguntas descriptivas sobre los modelos, lo que no brinda a los alumnos la oportunidad de poder reflexionar sobre lo expuesto en clase, sino que se le pide una mera reproducción de lo ya estudiado. Fomenta pues, el aprendizaje memorístico este tipo de cuestiones.

Existen también cuestiones reflexivas, más interesantes desde el punto de vista didáctico, en las que se invita al alumno a “hacer ciencia”. Este tipo de preguntas ponen al alumno en situación de estudio de experiencias llevadas a cabo por los científicos, para poder reflexionar y sacar conclusiones sobre ellas. O viceversa, esto es, según el modelo estudiado en clase se les pide que expliquen algunas propiedades o fenómenos observados, con lo cual, el alumno es capaz de llegar por sí mismo a la construcción de un modelo y de utilizarlo para comprender fenómenos o propiedades de la materia.

### **Errores**

El error más común encontrado en los manuales estudiados, ha sido considerar la presencia de neutrones en el núcleo atómico del modelo de Rutherford. Este error, que se repite hasta en 6 ocasiones, rompe con la evolución histórica de los acontecimientos ya que el neutrón fue descubierto por Chadwick dos décadas después de que Rutherford propusiera su modelo.

En estos casos, los autores consideran que según el modelo de Rutherford el núcleo atómico queda compuesto por protones y neutrones. Históricamente, hasta el descubrimiento del neutrón se consideró que en el núcleo había un número de electrones que neutralizaban parte de la carga de los protones.

Otro error, aunque no tan común, es el de considerar como primer modelo atómico el de Thomson. En este sentido podemos citar la siguiente frase recogida del libro 3 de 4º ESO (Edelvives): *Distintos modelos atómicos trataron de explicar la estructura del átomo. El primero de ellos fue el modelo de Thomson o “pudin de pasas”.*

Para evitar ambigüedades habría que haber aclarado que el sujeto del que se habla es el de átomo divisible. El modelo de Thomson es cierto que se sitúa en la idea de átomo divisible, pero esto ha de quedar totalmente claro, cosa que no se ha reflejado en estos casos.

### **Información sobre cada modelo**

Para el modelo de Thomson prácticamente la totalidad de los manuales, a excepción de uno, lo vinculan con el descubrimiento del electrón. Esto justifica porqué surge ese modelo, con lo cual acercamos a los alumnos el trabajo científico y su desarrollo.

Sin embargo, ninguno relaciona este modelo con la geometría molecular y sólo uno justifica, haciendo uso de él, las propiedades de la materia (luz electricidad, ionización, etc.) que al fin y al cabo son las observables. Por tanto, los alumnos no serán capaces de entender porqué se usó ese modelo.

En el modelo de Rutherford observamos la misma tendencia. Prácticamente todos los manuales a excepción de dos, justifican el desarrollo de este modelo con la experiencia de rayos alfa, Se fomenta así la comprensión de los alumnos acerca de cómo llegar al conocimiento científico a través de la observación y la interpretación de esa observación.

Por el contrario, al igual que en el caso anterior, son pocos los manuales que utilizan este modelo para justificar propiedades de la materia. Se corre, pues, el riesgo de que los alumnos lo vean como algo inútil.

En el caso del modelo de Bohr, casi todos los manuales señalan bien la principal diferencia con el anterior, esto es, los niveles de energía. Aunque de nuevo nos encontramos con una vinculación escasa del modelo con las propiedades de la materia, alejándolo de esta forma del mundo real y cotidiano

En concreto el modelo de Bohr se introduce en muchos casos (hasta 6) desvinculado del estudio de los espectros atómicos. Se presenta entonces como un contenido puramente disciplinar y teórico, sin tener en cuenta los hechos que llevaron a su propuesta.

El modelo Cuántico es el que peor se introduce en los manuales. Se presenta casi siempre de forma teórica sin relacionarlo con las propiedades de la materia. Señalamos un caso, absolutamente inaceptable, en que se presenta en esta etapa estudiando el tipo de orbitales y la geometría de los mismos.

Por último, las dos preguntas generales (G1 y G2), muestran que, normalmente, los manuales analizados defienden la idea de modelo pero luego actúan como si el modelo coincidiera exactamente con la realidad. Lo que resulta, en verdad, incoherente.

Para concluir, podemos decir que desde un punto de vista histórico de avance de la ciencia, más de la mitad los manuales presentan los modelos descontextualizados, es decir sin enlazar con los nuevos descubrimientos ni con la explicación de los fenómenos. Esto significa que la evolución histórica de los modelos queda sin justificar, lo que bajo el punto de vista de la enseñanza es bastante reprochable.

## 10. CONCLUSIONES

En el apartado 3 nos planteamos una serie de interrogantes y en base a estos se fijaron unos objetivos que la investigación debería satisfacer. Al término de esta creemos que hemos suministrado respuesta a las cuestiones planteadas y alcanzado los objetivos propuestos.

Así pues, para finalizar nuestra investigación, vamos a exponer las conclusiones generales que se infieren del trabajo llevado a cabo. Todas están vinculadas con los objetivos iniciales. Anticipamos en la tabla 4 la relación entre objetivos y conclusiones

<b>Conclusiones</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Objetivos</b>	1	2/3	4	5/6/8	7	7

Tabla 4. Referencia de las conclusiones a los objetivos de investigación

Entre las conclusiones principales podemos destacar:

1) La revisión bibliográfica realizada indica que tanto la HC como la NdC resultan ventajosas en la enseñanza de las ciencias ya que potencian el aprendizaje introduciendo aspectos explicativos interesantes y mejoran las actitudes de los alumnos.

2) Todos los manuales de 3º cumplen con el programa oficial mostrando los modelos de Thomson y Rutherford. Encontramos además el modelo de Bohr en todos los de 4º y en la mitad de los de 3º. Aparece también el modelo Cuántico en cuatro manuales (de 3º y 4º), lo que no es muy recomendable por su nivel.

3) En casi ningún manual aparece una definición clara del concepto de modelo. Los modelos atómicos son introducidos sin explicar en qué consisten o cuál es su significado. Ni se menciona la idea de que un modelo no es una copia de la realidad.

4) Algo más de la mitad de las exposiciones sobre modelos atómicos consideran aspectos relativos a la NdC. Se da a entender cómo y en base a qué hechos surgen, qué explican y qué nuevas observaciones provocan su caída. A este respecto el modelo de Rutherford es, con diferencia, el que mejor se trata.

5) Los modelos de Thomson y de Rutherford, marcados en el programa oficial, son presentados en los manuales de 3º en el texto principal. Es la manera de señalar su importancia. Es lo que suele ocurrir con el modelo de Bohr en 4º. A veces, en unos y otros, aparece alguna ampliación en anexos o recuadros. Por el contrario, en alguna ocasión el modelo figura en el recuadro.

6) Al menos la mitad de las exposiciones muestra sólo aspectos teóricos y se exponen, además, de forma netamente descriptiva. No están exentas de errores, algunos importantes y que se repiten con frecuencia. Las exposiciones suelen ir acompañadas de cuestiones explicativas, descriptivas, de discriminación, y de base icónica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Arróspide, M.C., Manuel, M.M. (2008). *Física y Química 4º ESO*. Zaragoza: Edelvives.
- Badillo, R. G. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 301-319.
- Cañas, A., Puente, J., Remacha, M., Viguera, J. A. (2008). *Física y Química 4º ESO*. Madrid: SM.
- Carmona, A.G. (2002). Los modelos atómicos en la Física y Química de la Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Española de Física*. 16 (4), 37-39.
- Chamizo, J. A. (2007). Teaching modern chemistry through 'recurrent historical teaching models'. *Science & Education*, 16(2), 197-216.
- Chaves, J. I. H., Badillo, R. G., y Miranda, R. P. (2010). Transposición didáctica del modelo científico de Lewis-Langmuir. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(2), 527-543.
- Cid Manzano, R., y Dasilva Alonso, G. (2012). Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 329-337.

Fernández-González, M. (2000). Fundamentos históricos. En F.J. Perales y P. Cañal (Dir.) *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 65-84). Alcoy: Editorial Marfil.

Galagovsky, L. R., y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: el concepto de " modelo didáctico analógico". *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.

M.E.C. (Ministerio de Educación y Ciencia) (2007). Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *BOE*, 5, 677-773.

McComas, W. F., Almazroa, H., y Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532.

Rodríguez, M. A., y Niaz, M. (2002). How in spite of the rhetoric, history of chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks. *Science & Education*, 11(5), 423-441.

Solbes, J., y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103-112.

## Manuales analizados de 3º y 4º de ESO

### 3º de ESO

1: Arsuaga, J. M., Morales, A. M., Pérez, A., Zubiaurre, S. (2010). *Física y Química 3 ESO*. Madrid: Anaya.

2: Arróspide, M. C., González, M. J., González, D. (2007). *Física y Química 3*. Zaragoza: Edelvives.

3: Bullejos, J., Carmona, A., Hierrezuelo, J., Molina, E., Montero, A., Mozas, T., Ruiz, G., Sampedro, C., Del Valle, V. (2007). *Física y Química 3º Ciencias de la Naturaleza*. Granada: Elzevir.

4: Píñar, I. (2007). *Física y Química 3º Secundaria*. Navarra: Oxford Educación.

5: Puente, J., Remacha, M., Viguera, J. A. (2010). *Física y Química 3 ESO*. Madrid: SM.

6: Fontanet, A., Martínez de Murguía, M. J. (2008). *Ergio 3 Física y Química*. Barcelona: Vicens Vives.

### 4º de ESO

1: Balibrea, S., Reyes, M., Vílchez, J. M., Álvarez, A., Sáez, A. (2008). *Física y Química 4 ESO*. Navarra: Anaya.

2: Jiménez, R., Torres, P. M. (2008). *Física y Química 4º ESO*. Madrid: Bruño.

3: Arróspide, M.C., Manuel, M.M. (2008). *Física y Química 4º ESO*. Zaragoza: Edelvives.

4: Bullejos, J., Carmona, A., Hierrezuelo, J., Molina, E., Montero, A., Mozas, T., Ruiz, G., Sampedro, C., del Valle, V. (2008). *Física y Química 4º Ciencias de la Naturaleza*. Granada: Elzevir.

5: Píñar, I. (2008). *Física y Química 4º Secundaria*. Madrid: Oxford Educación.

6: De Prada, F., Sanz, P., Vidal, M. C. (2008). *Física y Química 4 ESO Andalucía*. Sevilla: Grazaema Santillana.

7: Cañas, A., Puente, J., Remacha, M., Viguera, J. A. (2008). *Física y Química 4º ESO*. Madrid: SM.

**8:** Fontanet, A., Martínez de Murguía, M. J. (2008). *Ergio 4 Física y química*. Barcelona: Vicens Vives.