

**DEL FLOGISTO A LA OXIDACIÓN:
LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS EXPLICATIVOS EN LA
FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DE QUÍMICA**

**FROM PHLOGISTON TO OXIDATION:
THE CONSTRUCTION OF EXPLANATORY MODELS IN THE
CHEMISTRY TEACHER'S INITIAL TRAINING**

**Rafael Yecid Amador Rodríguez¹
Rómulo Gallego Badillo²
Royman Pérez Miranda³**

¹ Docente de la Universidad Manuela Beltrán y Coinvestigador de la Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología.

Departamento de Química. Grupo IREC.

ramador@uni.pedagogica.edu.co

² Docente e investigador de la Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología.

Departamento de Química. Grupo IREC.

rgallego@uni.pedagogica.edu.co

³ Docente e investigador de la Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología.

Departamento de Química. Grupo IREC

royman@uni.pedagogica.edu.co

Resumen

En este documento se presentan los resultados parciales de la investigación que como tesis de grado adelanta el autor principal y titulado “Del modelo del Flogisto al Modelo de la Oxidación”. A partir del saber inicial de los estudiantes se diseñó una estrategia didáctica, encaminada a la modificación de los modelos de los estudiantes con miras a un acercamiento al discurso de la comunidad científica, estrategia que cifra su importancia en las relaciones entre Didáctica de la Química, la Formación inicial de profesores de química y la historia de la química.

Palabras Claves: Formación inicial de profesores de química, modelo científico, modelos de los estudiantes y didáctica de la química.

Abstract

The following paper presents the research preliminary results of the postgraduate work entitled From Phlogiston model to Oxidation Model. Starting with the students' initial knowledge a didactical strategy was designed due to change students models having in mind their approaching to scientific community discourse, whose importance remains in the relations between chemical education, chemistry teachers' initial training and history of chemistry.

Keywords: Chemistry Teachers' Initial Training, Scientific Model, Students' Models, and Chemical Education

INTRODUCCIÓN

Epistemología

Se es del parecer que la construcción del conocimiento científico ha obedecido a una lógica deductiva (Amador-Rodríguez, 2004), en la que los hombres y mujeres de ciencias construyen y reconstruyen teorías o modelos científicos, para dar cuenta de lo anterior se puede acudir a

la propuesta del profesor Popper, en la que plantea que el conocimiento científico ha evolucionado a partir de teorías rivales; otra concepción al respecto es la que sustenta T. S. Kuhn, en la que afirma que la construcción de las ciencias de la naturaleza se podría asumir desde lo que él denomina paradigmas en competencia, revolución científica, crisis paradigmática y comunidad científica; otra versión es la de I. Lakatos, este epistemólogo-historicista asevera que la edificación de la ciencia ha obedecido a programas de investigación científicos competitivos. Los investigadores en didáctica y en historia de las ciencias, han anotado que las anteriores categorías epistemológicas solo sustentan el desarrollo de la física como ciencia (Campanario, 2004), si se desea abordar la evolución de la biología o de la química como tal, estas categorías no poseen el poder conceptual y metodológico para hacerlo, por tal motivo los filósofos de las ciencias han acudido a la categoría de modelo científico, con el objeto de solventar tal problema.

El concepto de modelo científico

Como se especificó en el numeral anterior sobre lo epistemológico, los estudios más destacados en este campo, tuvieron como base los cambios ocurridos en el seno de la física sobre todo a finales del siglo XIX y comienzos del XX. En este orden de ideas, acudieron a la categoría epistemológica de teoría como eje explicativo, para dar cuenta de esta ciencia en cuanto a su desarrollo; categoría esta cuya estructura proviene de la “Principia” y la “Óptica” de Newton. Tal estructuración creó una versión “dura” de teoría, organizada en definiciones, postulados, demostraciones matemáticas y corolarios. Para sustentar el estatuto científico de la química y de otras ciencias diferentes de la física ha emergido la categoría epistemológica de modelo científico.

Islas y Pesas(2003), afirman que todos los problemas que se evidencian en el mundo se proponen en el seno de un determinado contexto de indagación y el mundo es siempre percibido *a través de las lentes de alguna retícula conceptual y metodológica*, una de las funciones de los hombres y mujeres de ciencias es la delimitar el problema, esto es, concentrarse en lo esencial del estudio que adelantan.

La formulación de modelos científicos surge como una propuesta explicativa a un fenómeno que acontece en la naturaleza, por tal motivo un modelo no cubre la totalidad de los aspectos del sistema real que representa, sino solo aquellos aspectos que tienen relevancia a la luz de la teoría que hace referencia a ese sistema. Estas autoras conciben al modelo como representación idealizada de entidades físicas o de fenómenos físicos (Islas y Pesas, 2004), elaborada por los hombres y mujeres de ciencias, ante la necesidad de resolver problemas de investigación. Bajo cierta teoría, los investigadores deciden cuáles han de ser las variables por incorporar en un modelo y cuáles merecen el calificativo de despreciables, teniendo en cuenta los presupuestos conceptuales y metodológicos de partida.

Para Galogovsky y Adúriz-Bravo (2001), los modelos científicos son herramientas de representación teórica del mundo, auxiliares para explicar, predecir y transformar el mundo. Sustentan los autores que los modelos científicos son construcciones provisionales y perfectibles, es decir, ningún modelo científico posee la verdad absoluta y definitiva acerca del comportamiento del mundo.

Otra versión de modelo científico es la que proponen Greca y Dos Santos (2005), estos investigadores afirman que la concepción de modelo científico depende de la ciencia en la que se trabaje, por ejemplo, afirman que una teoría física puede ser pensada como un sistema de representaciones en la que conviven dos conjuntos de signos: los signos matemáticos y los signos lingüísticos. Los signos lingüísticos están organizados en enunciados los cuales se refieren a los fenómenos que la teoría pretende describir y adquieren significado en el

contexto de la teoría. Los signos matemáticos configuran el formalismo de la teoría, son el conjunto de enunciados de la teoría privados de su contenido semántico; los modelos matemáticos son derivados de alguna teoría matemática. Los modelos para los físicos son instrumentos de trabajo que le permiten representar un problema en forma simplificada.

En el caso de la química, para la construcción de modelos científicos, se deben tener en cuenta varios conceptos al mismo tiempo. Para la comprensión de un fenómeno, se requieren múltiples representaciones estructurales para dar cuenta de las dinámicas externas e internas de las transformaciones de las sustancias. Los modelos científicos en química, son representaciones de un fenómeno (real o ideal) que se torna como realidad propia, casi material.

Para Giere (1992), un modelo teórico es el medio con que los hombres y mujeres de ciencias representan el mundo tanto para sí mismos como para los demás, pero afirma que en la construcción y reconstrucción de modelos científicos juegan un papel importante las hipótesis teóricas, estas se entienden como una entidad ligüística, es decir, como un enunciado que afirma cierto tipo de relación entre el modelo y un sistema real dado o una clase de sistemas reales.

Se es del parecer que los individuos reconstruyen y construyen modelos explicativos para dar cuenta de aquellos fenómenos que acontecen en la naturaleza. Los epistemólogos de las ciencias de la naturaleza afirman que los científicos llegan a acuerdos en cuanto a un modelo científico, cuando el consenso le otorga un mayor poder explicativo.

Contexto histórico del modelo del flogisto

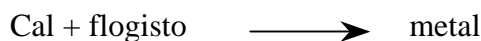
En 1669, Johann Joachim Becher (1635-1682), imaginó un modelo en el cual la acción del fuego sobre las sustancias, se debía a la existencia de una tierra inflamable (*terra pinguis*) que explicaba la combustibilidad de las sustancias.

Georg Ernst Stahl (1660-1734), retoma la idea de Becher en cuanto a la combustión de las sustancias y formula un modelo explicativo, en él supuso que todos los metales y cuerpos combustibles contenían un principio común idéntico en todos: el *flogisto*, que se eliminaba durante la combustión o calcinación y podía transmitirse de un cuerpo a otro, ya que unas sustancias eran ricas en él y en otras escaso (Pellón González, 2002). Recordemos que la palabra flogisto proviene del griego *phlogistos*, que significa inflamable.

Stahl consideraba que el flogisto era la materia y principio del fuego, aunque no el fuego mismo. La combustión consistía en un proceso de evolución del flogisto al combinarse con otras tierras. Las sustancias como el hollín o el carbón mineral eran muy ricas en flogisto y podían combinarse con otras tierras para producir la materia combustible original (Schneer, 1975).

Las cales (óxidos metálicos), pobres en flogisto, se transformaban en metales si se introducía en ellos el flogisto proveniente de sustancias ricas en el; sustancias tales como el carbón de leña, el aceite, etc.

La reacción sería la siguiente:



La reacción inversa sería:

Metal \longrightarrow cal + flogisto

En la que los metales ricos en flogisto, expulsaban este principio. El flogisto explicaba bien casi todos los experimentos de ese momento, como por ejemplo, el aumento del peso de los metales durante la calcinación a pesar de que durante ese proceso se perdía flogisto, esto se explicaba atribuyéndole a esta sustancia un peso negativo.

Para el siglo XVII, no solo el modelo del flogisto sustentaba los procesos de calcinación y de combustión. Los científicos de esta época intentaron explicar el por qué ciertas sustancias reaccionan entre sí, como los ácidos con las bases, para ello se idearon las denominadas tablas de afinidades, donde se ordenaba la información disponible sobre las sustancias que se combinaban entre sí, en forma de filas y columnas.

El teólogo y químico Joseph Priestley (1733-1804), fue uno de los más creyentes en el modelo del flogisto. Caracterizó gran número de gases y justifico sus experimentos desde él. Otorgó el nombre de aire deflostificado al oxígeno, porque favorecía la combustión más que el aire común; al nitrógeno lo denominó aire flogisticado porque en una atmósfera saturada de este gas no se producían ni la respiración ni la combustión, entendidas como un desprendimiento de flogisto por parte de la sustancia que se quemaba.

En 1781, Priestley convencía a sus colegas de la Sociedad Lunar, de Birmingham, que había podido extraer el flogisto de una reacción. Calentó minio (óxido de plomo, Pb_3O_4) con carbón en un recipiente de vidrio y extrajo del carbón aire inflamable, flogisto hoy hidrógeno.

Otro científico importante en la teoría del flogisto fue Karl Wilhelm Scheel (1742-1786), quien concentró toda su atención en la contracción del volumen del aire cuando se ponía en contacto con el flogisto.

Guyton de Morveau, en 1772 escribe un tratado denominado Disertación sobre el flogisto, en él establecía que el aumento de peso en la calcinación era un fenómeno general, no específico de algunos metales y que se debía a la naturaleza del flogisto, concretamente a una característica denominada *volatilidad esencial*. Esta supuesta propiedad explicaba la disminución de peso del flogisto, de acuerdo con las ideas de atracción de Newton.

Contexto histórico del modelo de la oxidación

Uno de los trabajos que realizaban los químicos franceses en siglo XVIII era determinar el grado de pureza del agua que llegaba a París a través de una conducción al aire libre. Para ello efectuaron diferentes análisis, entre los que se encontraban sucesivas destilaciones y evaporaciones de las muestras. El resultado obtenido era un residuo sólido, que sugería la posibilidad de que el agua se transmutara en tierra, de acuerdo con las concepciones alquimistas.

Lavoisier inicio sus experimentos sobre este tema en 1768. Introdujo una cierta cantidad de agua en el interior de un recipiente herméticamente cerrado y lo calentó hasta conseguir el punto de ebullición, este proceso duró ciento un días sin interrupción. Con el tiempo se fue formando un residuo sólido, al finalizar los tres meses volvió a pesar el recipiente, y notó que la masa no había variado prácticamente en nada, con respecto al peso inicial, esto le hizo pensar que el fuego no intervenía en el incremento del peso de los productos. Este experimento rompe con la idea de la transmutación del agua en tierra.

De lo anterior se deduce la famosa ley que se le asigna a este personaje, la ley de la conservación de la masa, esta ley la hace explícita en 1789.

A partir de este momento empieza su estudio de los gases y de los fenómenos de la combustión. Es de aclarar que durante la década de 1760, Joseph Black, Joseph Priestley y Henry Cavendish habían fundado lo que se denomina la química neumática, siguiendo los pasos de Robert Boyle, John Mayow y Stephen Hales.

Al revisar los trabajos que efectuó Lavoisier en 1772, se considera que la idea que aún prevalece en él es la del modelo del flogisto en cuanto al comportamiento de los fluidos aeriformes (gases). A finales de este año, Lavoisier deposita ante la academia un escrito en el cual relata los resultados de la combustión del fósforo, demostrando que el aire era absorbido durante la combustión y que el peso del producto formado era mayor que el del fósforo inicial. Con este experimento comienza en Lavoisier un cambio de pensamiento, en cuanto a la idea o la existencia del flogisto.

Al parecer las investigaciones que adelanta Lavoisier, en cuanto al estudio de la combustión y de la calcinación, es a partir del conocimiento del tratado de Guyton Morveau, cuando comienza a estudiar la combustión del fósforo, azufre, litargirio, entre otros; estos experimentos lo llevaron a modificar las ideas existentes sobre la combustión y la calcinación.

En 1773, Lavoisier se propone estudiar sistemáticamente el comportamiento de los aeriformes (gases) en las reacciones químicas. Concluye Lavoisier que la combustión y la calcinación están limitadas, si se realizan en recipientes herméticos, esto es; el incremento de peso que sufren las sustancias estudiadas se debía al aire que absorbían. Repitió los experimentos que había realizado Boyle cien años antes y comprobó que la masa total antes y después de la reacción no variaba. Concluye que el aumento de peso que se generó en el recipiente era proporcional a la capacidad de este, dado que si se abre la retorta o recipiente, el aire que entra en ella reacciona con la sustancia que está dentro de esta, desde este experimento, Lavoisier comienza a negar la existencia del flogisto.

En octubre de 1774 Joseph Priestley viaja a París y le comenta a Lavoisier que había obtenido un nuevo tipo de aire al calentar el óxido de mercurio, sustancia que él denominó aire desflogisticado. En 1775, Lavoisier estudia la reacción que había efectuado Priestley y concluye que el aire obtenido por calentamiento en ausencia de carbón es aire atmosférico puro. En una publicación que hace en 1778, denomina a esta sustancia como la parte más salubre y más pura del aire y como tal aire eminentemente respirable; se puede concluir que es Lavoisier quien interpreta el papel de esta sustancia en la combustión y en la calcinación.

Desarrollo de la investigación

El problema que direcciona esta investigación responde a las siguientes preguntas: ¿Desde qué versión epistemológica construyen los modelos explicativos los futuros profesores de química?; ¿Los modelos explicativos que elaboran los estudiantes de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional están soportados en la historia de la química, en específico en el modelo de combustión?.

Lo de los instrumentos

Se es del convencimiento de que las pruebas que se formulan poseen un rigor conceptual y metodológico que permiten la recolección de la información y son parte fundamental de la elaboración de la estrategia didáctica; se tomó la decisión de emplear pruebas tipo Likert, pruebas semánticas y pruebas de composición (Gallego Gadillo y Pérez Miranda, 2003).

La pruebas tipo Likert, se encaminó a auscultar actitudes; son escalas sumatorias en las que el valor que obtiene cada persona se obtiene mediante la suma promedio de la puntuaciones dadas a las respectivas proposiciones (Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2003).

Con las pruebas semánticas, se busco identificar las concepciones que han reconstruido y construido los estudiantes antes y después de ejecutar la estrategia didáctica. Estas pruebas fueron un punto de partida para diseñar y realizar la metodología didáctica. En esta prueba se les suministró un listado de categorías y se les solicitó a cada uno de ellos que escribiera lo que le significaba. Las pruebas de composición, se aplicaron en todo el proceso de la estrategia didáctica, con la intención de determinar los modelos explicativos que reconstruyen y construyen los futuros profesores de química, del concepto de combustión.

Esta investigación se adelantó con aquellos individuos que han optado por ser licenciados en química de la Universidad Pedagógica Nacional, estos estudiantes pertenecen al primer semestre de dicho programa. El estudio se adelantó en el espacio académico denominado Teorías Químicas I.

Metodología

Antes de abordar el diseño metodológico que se implementó para esta experiencia didáctica, se expondrá en que consiste la categoría de modelo explicativo.

Los responsables de esta investigación consideran que los que han optado por ser profesores de química, han elaborado modelos explicativos a fenómenos que acontecen en la naturaleza (Amador-Rodríguez, Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2005), estos los han construido a lo largo de su experiencia académica. Muchos de estos modelos se podrían ubicar en la categoría de modelos de sentido común, y son aquellos que no poseen ningún basamento científico al respecto. Otros modelos explicativos no pertenecen a esta categoría, por lo que se podrían ubicar en la de modelos alternativos, en la que posiblemente la versión epistemológica que soportaría a este modelo sería el empirio positivismo o el constructivismo, versión esta en la que se encajó esta investigación (Figura 1).

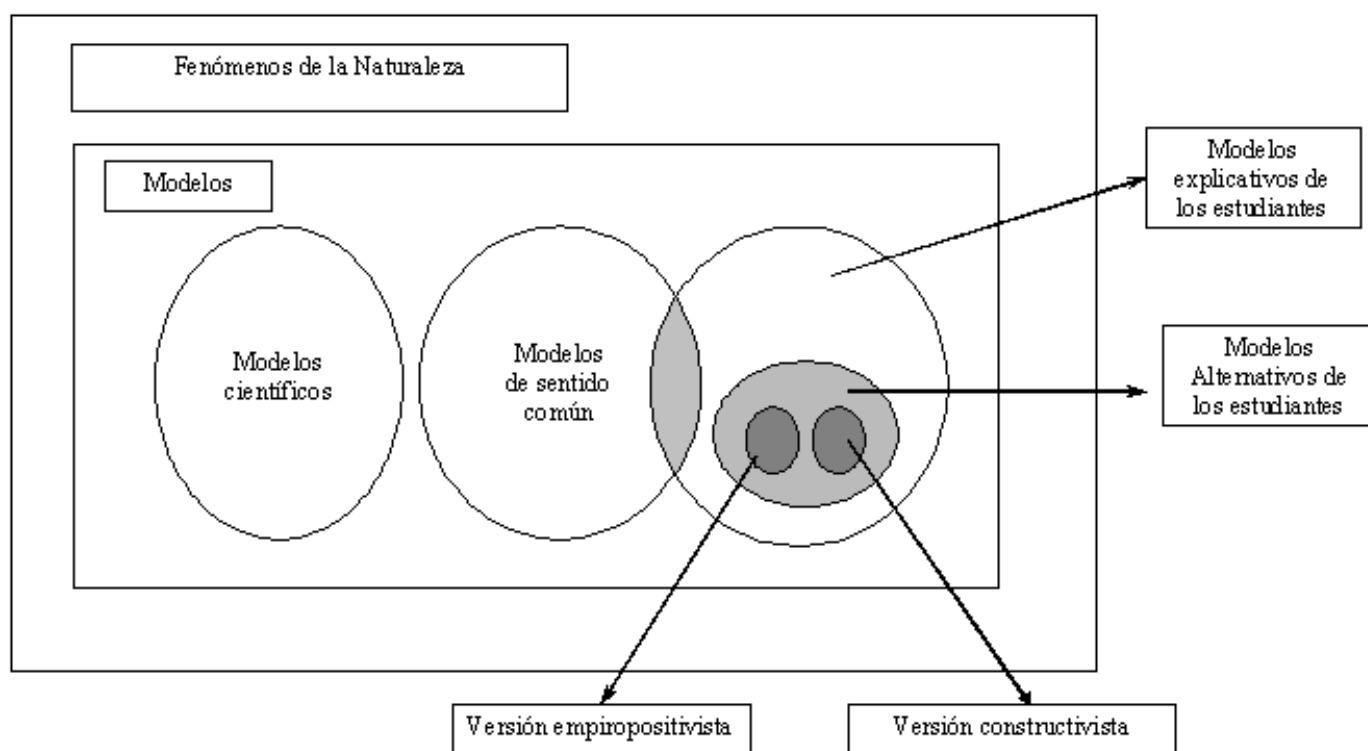


Figura 1 Modelo teórico para la comprensión de los modelos explicativos.

La metodología se derivó del marco conceptual, en la que se identificó aquel conocimiento que ha construido cada estudiante acerca del concepto de combustión. Para ello se utilizaron las pruebas tipo likert, de semántica y de composición.

La Estrategia didáctica

Planteado el marco conceptual y metodológico, se explicita a continuación la estrategia didáctica con que se adelantó la investigación.

- Identificación de las concepciones iniciales de los estudiantes en cuanto al desarrollo histórico de la química como ciencia, esto es, aplicar las pruebas tipo likert.
- Diseño y ejecución de pruebas semánticas y de composición.
- Lectura de los documentos originales de Georg Ernst Stahl.
- Elaboración de composiciones por parte de los estudiantes.
- Discusión con el colectivo aula en torno al modelo de Georg Ernst Stahl.
- Elaboración de composiciones por parte de los estudiantes, trabajo grupal.
- Lectura de los documentos originales de Antoine Laurent Lavoisier.
- Elaboración de composiciones por parte de los estudiantes.
- Discusión en el colectivo aula en torno al modelo de Antoine Laurent Lavoisier.
- Elaboración de composiciones por parte de los estudiantes, trabajo grupal.
- Identificación de los modelos explicativos en cuanto al modelo del flogisto y de la oxidación, por parte de los estudiantes, tanto individualmente como por grupos.

CONCLUSIONES

Como se deja enunciado, las conclusiones que se explicitan a continuación, reflejan tan solo las parciales obtenidas hasta el momento, ya que el trabajo se encuentra en desarrollo. Desde lo anterior podemos afirmar que:

- En cuanto al concepto de combustión, una vez analizados los instrumentos aplicados al iniciar el proceso, se concluye que los modelos explicativos construidos por los estudiantes obedecen a la cotidianidad, lo que para esta investigación se ha denominado modelos de sentido común. El grupo se explica esta particularidad, por cuanto que aunque los profesores en formación han tenido ya una experiencia académica, aun no han incorporado su pensamiento al discurso científico.
- A partir de una serie de reflexiones en el interior del grupo, y de acuerdo con el marco conceptual ya consignado se ha procedido a elaborar el cuadro que se presenta en este documento y que da pie para categorizar el pensamiento de los estudiantes de acuerdo a los criterios establecidos.
- Se encuentran en proceso de sistematización y análisis los resultados obtenidos y que se aspira respondan a los objetivos propuestos; resultados estos que se aspira puedan ser socializados en posteriores eventos académicos.

BIBLIOGRAFÍA

Amador Rodríguez, R. Y. y Gallego Badillo, R. (2004). Estudio Inicial de dos programas para la formación de licenciados en química. Revista Tecné, Episteme, Didaxis. 16, pp 62-84.

Amador Rodríguez, R. Y., Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2005). La modelización en la Formación Inicial de Profesores de Química. *Revista Tecné, Episteme, Didaxis*. Número Extra, pp 106-107.

Campanario, J. M.(2004). Científicos que cuestionan los paradigmas dominantes: Algunas implicaciones para la enseñanza de las ciencias. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, Vol 3, No 3, artículo 2. <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

Galagovsky, L. 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.

Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2003). El problema del cambio en las concepciones epistemológicas, pedagógicas y didácticas. Universidad Pedagógica nacional. Reimpresión.

Giere, R. N. (1992). La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo. Mexico, Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Greca, I. M. y Dos Santos, F. M. T. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: O caso da física e da química. *Investigações em Ensino de Ciências*. http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a2.htm

Islas, S. M. y Pesa, M. A. (2003). ¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 57 – 66.

Islas, S. M. y Pesa, M. A. (2004). Concepciones de los profesores sobre el rol de los modelos científicos en clases de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 17, No. 1, 43 – 50.

Pellón González, I. (2002). Un químico ilustrado Lavoisier. Tres Cantos, Nivel Libros y ediciones, S.L.

Schneer, C. J. (1975). *Mente y materia*. Barcelona: Bruguera.

