

HISTORIA DE



LAS CIENCIAS Y ENSEÑANZA

PRIMEROS PASOS EN QUÍMICA. UNA ENTREVISTA CON LAVOISIER

CARDOSO FERREIRA, N.
L.D.P.E.S., Universidad de Paris VII.

Traducción de Carlos J. Furió Mas

SUMMARY

Some didactic experiments which are presented to students are based on those carried out by the scientists who worked on the topic. Yet, continuous repetition of those in textbooks often distorts the original ideas. This paper, written as a hypothetical interview with Lavoisier, uses his very words to criticise an experiment on combustion usually found in textbooks.

«No es asombroso que, en general, en las Ciencias Físico-Químicas se haya supuesto muchas veces en lugar de concluir; que las suposiciones transmitidas a lo largo del tiempo se hayan hecho cada vez más importantes por el peso de la autoridad que han adquirido, y que hayan sido finalmente adoptadas y vistas como verdades fundamentales, hasta por las mentes más claras».

Lavoisier (1789)

INTRODUCCIÓN

El papel de la Historia de las Ciencias dentro de un contexto didáctico ha merecido la atención de muchos investigadores. Klein (1972) y French (1983) analizaron en profundidad las ventajas y desventajas de introducir la Historia de las Ciencias como auxiliar del profesor.

Klein, por ejemplo, llega a ser radical en sus afirmaciones:

«Pienso que al intentar estudiar la Física a través de su historia, o con la ayuda de su historia, corremos el riesgo de estar haciendo una injusticia con respecto a la Física, con respecto a su historia, o con respecto a ambas».

Por otro lado, Whitaker (1979) tiene un punto de vista que es próximo a los que lo ven como línea de investigación:

«Quiero discutir otro tipo de material que parece histórico pero que no tiene mucho que ver realmente con la Historia: su objetivo es mostrar hechos científicos donde la Historia esté presente para proporcionar un referente dentro del cual los hechos científicos encajan, parecen tener sentido, y pueden ser recordados fácilmente...» Whitaker llama a ese material *quasi-historia*.

Es dentro de este referente donde vamos a situar este trabajo. A través de una hipotética entrevista con Lavoisier, intentaremos analizar el problema de la combustión de una vela, y la forma como tal asunto se presenta a los estudiantes en los libros de texto. Tal vez fuera interesante, aquí, recordar las palabras de French:

«Tal vez la cosa más importante sea tener la seguridad de que estamos haciendo un uso fidedigno de las fuentes y no estamos ayudando a perpetuar una mitología que comúnmente es copiada de un libro de texto a otro».

En principio, vamos a analizar algunos procedimientos habituales encontrados en textos franceses. Tal situación también puede ser encontrada en otros países como, por ejemplo, Brasil.

Las primeras nociones de Química que se presentaban a alumnos de las clases de 6°, en Francia, utilizaban, no hace mucho tiempo, la combustión de una vela como ejemplo de reacción química. A pesar de los cambios introducidos en los nuevos programas, la mayor parte de los textos didácticos hacen referencia a esta experiencia (Michaud 1986) que, según nuestra opinión, no es la manera más eficaz para hacerlo. El aire como una mezcla de gases y el análisis de los productos de combustión constituyen barreras difíciles de franquear por los niños de estas edades. Se añade en los libros de Ciencias Físicas que se puede constatar la presencia de estudios sobre las características de la llama (forma, temperatura, color, etc...) que no tienen ninguna relación con el objetivo central: la caracterización de una reacción química. Quedan aún otros problemas. El texto de Barre (1986), por ejemplo, en el capítulo 23 plantea una gran pregunta: ¿Se puede producir agua con el fuego? Y de repente, responde a esta cuestión mostrando que en la combustión de una vela, efectivamente, aparece agua. Así pues, no hay nada de asombroso en que los investigadores en didáctica de las ciencias,

al analizar los cuestionarios de los alumnos de 6° se hayan encontrado respuestas como: «Hay allí vapor de agua... es normal; es del calor», «El fuego produce vapor de agua» (Meheut 1982).

Si las características de la llama no tienen nada que ver con los análisis de combustión, el nivel del agua en el tubo (donde se va a realizar) desempeña un papel importante que, a veces, no es bien tratado por los autores de los manuales de Ciencias. Así, nos podemos encontrar cuestiones planteadas a los alumnos que piden la forma en que van a disponerse los diferentes niveles de un líquido, en recipientes inclinados, durante un transvase (Durandeaux 1977) —pregunta que tiene como objetivo fomentar la observación en el niño— (fig. 1). Al mismo tiempo, los mismos autores muestran en su texto tubos inclinados, dentro del agua, que contienen en su interior una cantidad importante de agua (fig. 2). Una situación muy diferente a lo que en realidad pasa.

figura 1

Transvase del aire.

Se transvasa aire a un tubo con gas. Las superficies libres del aire en los diferentes recipientes no están bien dibujadas. Corregídlas.

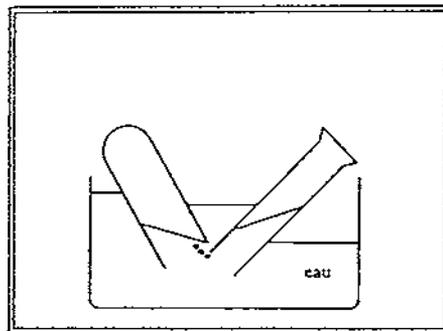
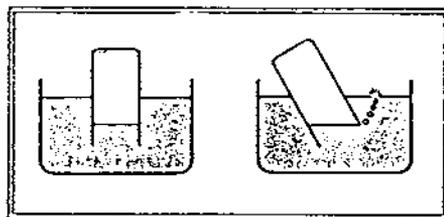


figura 2

Vasos hundidos en el agua; nótese los niveles de los líquidos.



Situación semejante se ha encontrado en el texto de Barboux (1977). O, si verdaderamente se hace la experiencia, se puede constatar que si se toma un recipiente bastante profundo, tipo bote de conserva, el agua prácticamente no penetra, (fig. 3). (Para un tubo de 20 cm, hace falta hundirlo aproximadamente 50 cm para que el agua suba 1 mm).

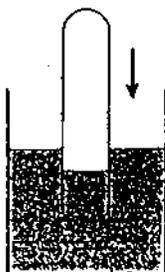
figura 3

Otro ejemplo con tubos introducidos en agua.

Tubo suficientemente largo— recipiente de vidrio bastante profundo tipo «conserva».

Se coloca el tubo boca abajo sobre el agua manteniéndolo verticalmente. Se sumerge el tubo: ninguna burbuja se escapa; la cantidad de gas es, pues, constante. Se comprueba:

- una disminución de volumen, dificultad creciente para hundir el tubo.
- el comportamiento del tubo si se deja (con precaución para que no vuelque). Tiende a volver a su posición inicial.



Se insiste en este punto porque si se quiere analizar la experiencia de la combustión de una vela en unos recipientes cerrados y hundidos en el agua, hace falta fijarse bien en los niveles inicial y final del líquido y comprender la significación de su separación.

El diálogo que sigue más adelante quiere contribuir al problema del estudio de la combustión por alumnos que dan sus primeros pasos en Química.

«ENTREVISTA» CON LAVOISIER

P.- Sr. Lavoisier, ¿sabe Vd. que hoy los primeros pasos dados por los alumnos en el dominio de la Química se inician en el estudio de las combustiones? En general, entre las experiencias elegidas, se encuentra la de la combustión de una vela. El método consiste en presentar a los alumnos numerosas actividades prácticas que tienen por objeto una organización sistemática de sus pensamientos con respecto a las reacciones químicas; al mismo tiempo, se ensaya con otras manipulaciones, cómo separar los fenómenos físicos de los que tienen naturaleza química. A pesar de todos estos esfuerzos, se puede comprobar que los alumnos tienen muchas dificultades para comprender lo que es una reacción química si se parte de presentarles como ejemplo la combustión de una vela.

¿Cuál es su punto de vista a este respecto?

R.- Del mismo modo que el espíritu (idea) de sistema es peligroso en las ciencias físicas, también es de temer que al almacenar sin orden gran variedad de experiencias, se oscurezca la ciencia en lugar de iluminarla; que

se convierta en difícil el acceso a aquéllos a los que se les presentaron para facilitar su iniciación; en fin, es posible que no se obtenga, a pesar de largos y laboriosos trabajos, más que desorden y confusión. Los hechos, las observaciones, las experiencias, son los materiales de un gran edificio; pero es necesario evitar, al reunirlos, que se formen barreras en la ciencia; por el contrario, es preciso detenerse en clasificarlos, en distinguir los que pertenecen a cada orden, a cada parte del todo del que proceden (Lavoisier, 1777).

P.- Debo sacar como conclusión que las experiencias presentadas de esta manera no son necesarias para que los alumnos aprendan bien el concepto de combustión, o ¿se deben sustituir por otras realizadas con medios más sofisticados? ¿Como enfocaría Vd. el aprendizaje de las ciencias por el niño y cuál es el papel de este aprendizaje en su formación?

R.- El hombre nace con unos sentidos y unas facultades; pero no trae con él al nacer ninguna idea: su cerebro es una tabla rasa que no ha recibido ninguna impresión, pero que está preparado para recibirlas.

Estas impresiones le son comunicadas por los sentidos y tienen el nombre de sensaciones.

Pero si todas nuestras ideas no nos llegan más que por nuestros sentidos; si no es más que por el ejercicio de nuestras facultades por las que aprendemos a conocer las propiedades de los cuerpos que nos rodean, resulta que el niño que nace está obligado a aprenderlo todo y a hacer, con la ayuda de los sentidos, un verdadero curso de conocimientos físicos. Es una cosa verdaderamente digna la meditación de los filósofos sobre esta formación de las primeras ideas de la infancia. Una observación atenta no permite dudar de que el niño no adquiere el conocimiento de las propiedades de los cuerpos al pasar de lo conocido a lo desconocido, siguiendo un método continuo y muy próximo al que emplean los geómetras: para estas experiencias no se necesitan máquinas complicadas de reciente actualidad; todos los cuerpos que le rodean son los instrumentos que él emplea.

Así pues, al dirigir todas las partes de la educación hacia objetos sensibles, al comprometerse a seguir el método de la naturaleza, no solamente se formarán hombres, sino se logrará una perfectibilidad gradual en las cualidades intelectuales de la especie humana (Lavoisier 1793).

P.- Sr. Lavoisier, volviendo a nuestro tema central, las combustiones, querría presentar una experiencia:

1) Se dispone de una «bujía eléctrica» que tiene como «llama» el extremo de un filamento de acero duro. El cuerpo de la bujía está formado por dos hilos conductores.

2) Se hunde la «bujía» en el agua y se «prende» al conectarla a una fuente de tensión (fig. 4). Se recubre la bujía con un pequeño tubo de ensayo. Se «apaga» la bujía.

3) Se comprueba que el agua penetra en el tubo y que se forma vapor de agua en el interior (fig. 5).

figura 4
La «bujía eléctrica».

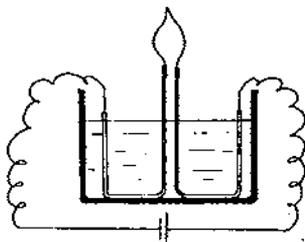
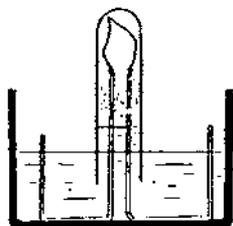


figura 5

Formación de vapor de agua y penetración de agua en el tubo.



En este caso, allí no ha habido combustión, pero algunos efectos que se puede observar con una verdadera bujía; por ejemplo, se comprueba que el agua penetra en el tubo y que se forma vapor de agua. ¿No piensa Vd. entonces, mi querido Lavoisier, que es difícil para los lectores de los manuales de enseñanza concebir las ideas de la combustión y del calentamiento no disociadas en el caso de la bujía?

R.- Casi todos los que se han ocupado de experiencias sobre la combustión de candelas o de bujías se han apercibido que había una disminución considerable del volumen de aire durante la combustión: para probarlo se realiza una experiencia muy simple, pero que no es ni mucho menos concluyente. Se coloca una bujía sobre la platina de una bomba neumática, y se pone encima un recipiente: se observa que la bujía se apaga al cabo de muy poco tiempo, y que, cuando las vasijas se han enfriado, el recipiente queda adherido a la platina; ahora bien, este efecto solo puede tener lugar si el volumen del aire que queda debajo del recipiente, después de la combustión, es menor que el que lo llenaba antes de introducir la bujía; pero no se presta atención a que no se puede colocar un recipiente sobre la bujía sin que el aire del mismo sea calentado en el instante en que se sitúa la bujía e incluso antes de que se apoye sobre la platina; así pues, el aire caliente queda encerrado bajo la campana, ahora bien, el aire caliente disminuye de volumen al enfriarse; no es, pues, sorprendente que el recipiente permanezca pegado a la platina cuando la llama se apaga y los vasos se han enfriado (Lavoisier 1776).

P.- Muchos libros presentan el experimento de una bujía metida en el agua. ¿Cree Vd. que tratándolo así se conseguirá que los niños que dan sus primeros pasos en Química puedan comprender los procesos de las combustiones? Aclaro que en este momento, los alumnos no saben que el aire es una mezcla de gases, incluso hay libros de texto que utilizan esta manipulación para poner en evidencia que el aire es una mezcla (Saison 1977).

R.- Las experiencias hechas bajo campanas metidas en agua no son concluyentes: 1) El aire se dilata durante el tiempo que se introducen allí las velas, continúa dilatándose durante el tiempo de la combustión, y se escapa, en consecuencia, una cantidad notable de aire por debajo de los bordes de la campana; es, pues, imposible conocer exactamente la cantidad de aire sobre la que se ha operado y, por consiguiente, lo es saber si ha habido disminución de volumen, así como su cantidad. 2) La combustión de las candelas tiene la propiedad de transformar en ácido terroso aeriforme (gas carbónico) una porción del aire atmosférico, o más exactamente una porción del aire puro (oxígeno) contenido en el aire atmosférico, ahora bien, el ácido aeriforme tiene la propiedad de combinarse con el agua; al suponer, pues, que hay en este experimento una disminución del volumen ocasionado por la combustión, es imposible distinguirla de la que tiene lugar al combinarse el ácido con el agua (Lavoisier 1776).

P.- A propósito de esta materia, hay libros de Física y Química (Barre 1986) que afirman que la bujía, después de apagarse, deja un gas residual (nitrógeno) que es la 4/5 partes del que había antes.

¿Dispone de algunos datos de sus experiencias o de algún conocimiento en los que se hayan obtenido unos resultados semejantes sobre el mismo tema?

R.- El aire de la atmósfera contiene, según mi opinión, cerca de una cuarta parte de su volumen de aire puro y respirable; la combustión de las velas no lo convirtió en «aire fijo» (gas carbónico) más que en una décima parte; así pues, suponiendo que este volumen fuera de 100 antes de la combustión, debe quedar, después de aquella, 75 partes de «mofeta atmosférica» (nitrógeno o nitrógeno y gas carbónico) y 15 partes de aire respirable; también los animales pueden vivir aún en el aire en el que ha ardido una vela, se puede quemar allí incluso una cierta porción de fósforo; y hasta después de esta última prueba, quedan, al menos, 5 partes de aire eminentemente respirable. Esta última porción de aire está tan unida a la «mofeta atmosférica» que yo no conozco otro medio de separarlos que la combustión del pyroforo, como lo demostraré en una próxima memoria (Lavoisier 1776).

(M. Hales) observa, a este respecto, que la cantidad de aire absorbida es generalmente más grande en los recipientes mayores que en los pequeños y que, sin embargo, dicha cantidad es mucho mayor en los pequeños

que en los grandes, si se la considera en proporción a las capacidades. Señala además que esta absorción de aire está limitada; que no se puede llegar más que hasta cierto punto y que, por encima del cual, no puede ya tener lugar (Lavoisier 1787).

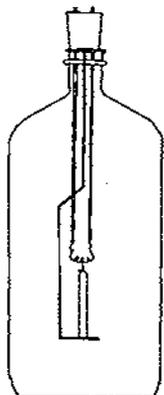
P.- Como bien ha señalado: «Nada se crea en las operaciones del arte ni en las de la naturaleza...» (Lavoisier 1789). Por tanto, si nos ponemos en el lugar del alumno, se puede percibir que algo desaparece, una vez que el gas carbónico ha sido absorbido por el agua. Como ya le había indicado, ni siquiera los libros de texto son precisos. El alumno debe razonar analizando los gases que hay encerrados en la campana y el gas carbónico que ha sido absorbido por el agua. (Si se utiliza la combustión del carbón o la del azufre se tiene una situación idéntica). A veces, este balance es mal comprendido y nuestra ley también lo es por los niños de esta edad: es, en efecto, muy difícil de analizar el volumen de un gas en un recipiente y los cambios que pueden suceder allí... Pero, veo que se inquieta, quiere añadir algo?

R.- Indicaré aquí, de pasada, que la combustión del carbón hecha dentro de una campana invertida sobre mercurio no ocasiona ninguna disminución considerable en el volumen del aire en el que se quema, siempre que sea aire puro el que se emplee en la experiencia, por la razón de que el ácido mefítico que se forma permanece en estado aeriforme (gaseoso), a diferencia del ácido vitriólico y del fosfórico, que se condensan bajo formas concretas a medida que se forman (Lavoisier).

P.- Gracias, M. Lavoisier. Pero, permitidme que le muestre el material para otra experiencia. Se dispone de:

1) Un frasco grande (botella de plástico transparente como p.e. una de agua mineral), se le hacen varios agujeros con un alfiler (fig. 6).

figura 6



2) Un trozo de filamento de acero duro que puede estar conectado a una fuente de tensión y que, cuando se cierre el circuito, va a desprender la cantidad de calor necesaria para encender la bujía.

3) Un trozo del extremo combustible de una cerilla en contacto con la mecha de la bujía (fig. 7).

figura 7

Experimento de la bujía. Detalle de la mecha y la cerilla.



Con este material, se puede hacer arder la bujía aislando, en el frasco, una cantidad de aire bien determinada. Así, no se tendrá el problema del escape de gases. Por otra parte, si se desea aislar el gas carbónico del agua, se puede verter, sobre el agua en el interior del frasco, cierta cantidad de aceite.

Pero, veo que quiere intervenir otra vez.

R.- Una circunstancia singular y que podría pasar algún día en este fenómeno es que esta disminución no siempre ocurre; algunas veces se ve uno obligado a lavar varias veces el aire, agitándolo con agua; la parte fija se combina y es entonces cuando se puede observar la disminución.

Esta disminución, siguiendo a M. Priestley, es casi nula cuando la operación se hace dentro de una campana sobre mercurio, porque no hay ninguna sustancia que pueda absorber el aire (Lavoisier 1777).

P.- Gracias otra vez, pero permítame que concluya mi razonamiento. Al presentarlo de esta manera, se puede enseñar a los alumnos:

a) que la bajada del nivel de líquido se debe al desprendimiento de calor

b) que el nivel vuelve casi al mismo lugar que antes: una parte del oxígeno ha desaparecido pero el dióxido de carbono se ha formado

c) después se puede mostrar a los alumnos la presencia del gas carbónico.

M. Lavoisier, perdone mi largo discurso. Yo creo que Vd. ha hecho una experiencia similar. ¿Puede contárnosla?

R.- Yo he sujetado en medio de una cápsula de vidrio, una pequeña bujía; he fijado a la parte superior de la mecha un trocito de fósforo de Kunckel, cuyo peso es alrededor de una sexta parte de grano; después que he puesto la cápsula sobre un baño de mercurio lo he cubierto con una campana de cristal; finalmente, con un sifón de vidrio que comunicaba el interior de la cam-

pana con el exterior, he levantado el mercurio hasta una cierta altura que he señalado exactamente con un poco de papel de pegar. Cuando todo está preparado, he hecho enrojecer un pequeño triángulo de hierro que había doblado a propósito, ya que lo he pasado por debajo de la campana a través de fósforo. Piénsese que el trocito de hierro al rojo se ha enfriado considerablemente al pasar a través del mercurio; sin embargo, hay suficiente calor para que arda el fósforo y que éste encienda la bujía, como se había propuesto.

Hay un poco de dilatación del aire durante la combustión de la bujía; pero cuando se ha apagado, el mercurio ha subido insensiblemente, a medida que los recipientes se han ido enfriando y se ha quedado un poco por debajo de la marca que había hecho antes de la combustión de la vela: el nivel del mercurio queda por encima de la banda de papel, o sea se ha operado una pequeña disminución del volumen de aire, que puede apreciarse como casi nulo, sobre todo si tenemos en cuenta que un ligero cambio de temperatura del lugar en el que se hace el experimento ha podido producir esta diferencia (Lavoisier 1777).

P.- Yo creo que la manera en que se presenta la experiencia de la combustión de la vela puede llevar a los alumnos a falsas interpretaciones y a falsear los conceptos. Los análisis hechos por Meheut-Saltiel (1984), Driver et al. (1985), Combes, et al. (1984) y por un grupo de trabajo de Limoges (1977) muestran bien el problema. Por otra parte, para que los niños dominen la experiencia hace falta que tengan, primero, una visión de conjunto de los fenómenos que, en general, no es promocionada por las actividades propuestas en los libros; lo peor es que ciertas manipulaciones están tan centradas en detalles, tales como la temperatura y el color de la llama, la forma de los recipientes en los que se produce la combustión, que el objetivo central —la comprensión de una reacción química— se ha perdido completamente como señalaba al principio.

M. Lavoisier, cuando hacía estudios, los textos no

tenían una importancia tan capital como la que tienen hoy; el profesor era el responsable de la transmisión del saber.

¿Cuál es su experiencia en este dominio?

R.- En efecto, es un defecto común en todos los cursos y en todos los tratados de Química, suponer, desde los primeros pasos, que el alumno o el lector tiene ya conocimientos que, realmente, deben adquirir en lecciones subsiguientes (Lavoisier 1789).

Cuando yo comencé por primera vez un curso de Química, a pesar de que el profesor que yo había elegido explicaba lo más claro posible y lo más al alcance de los principiantes, y a pesar de que se preocupaba enormemente por hacerse entender, me sorprendió ver cuánta oscuridad había en los primeros enfoques de esta ciencia. Había hecho un buen curso de Física, había seguido las experiencias del abad Nollet; había abordado con cierto éxito las Matemáticas elementales con las obras del abad La Caille y había seguido durante un año sus lecciones. Estaba acostumbrado a cierto rigor en el razonamiento que los matemáticos ponen en sus obras. Jamás probaban una proposición sin que se hubiera demostrado la precedente. Todo estaba relacionado, todo estaba encadenado desde la definición del punto, de la línea, hasta las verdades más sublimes de la geometría transcendental.

En la Química era otro mundo. Desde los primeros pasos se comenzaba por suponer en lugar de probar, se me presentaban palabras que no se sabían aún definir o, por lo menos, que no se podían definir más que utilizando conocimientos que me eran absolutamente extraños y que no se podían adquirir más que en un estudio completo de la Química. Así pues, se empezaba enseñándome la ciencia suponiendo que yo ya la sabía... (Lavoisier 1789a).

P.- Gracias M. Lavoisier por esta entrevista.

¿Puede firmarla para nuestros lectores?

*Vous êtes humble et très
obéissant aux Devoirs*
LAVOISIER

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOUX, M. et al., 1977. *Sciences Physiques 6ème. Livre du professeur*. (Hachette: Paris).
- BARRE, F. et al., 1986. *Sciences Physiques 6ème* (Istra: Paris).
- COMBES, G. et al., 1984. Première rencontre avec la chimie, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 666, p. 1315.
- DRIVER, R. et al., 1985. *Children's Ideas in Science*. (Open University Press: Philadelphia).
- DURANDEAUX, J.P., 1977. *Sciences Physiques. 6ème*. (Hachette: Paris).
- FRENCH, A.P., 1983. Pleasures and dangers of bringing History in Physics Teaching. *Proceedings of the International Conference on Using History of Physics in Innovative Physics Education*. pp. 211-237. (Pavia, Vevilaqua, F. & Kenedy P.S.).
- KLEIN, M.J., 1972. The use and abuse of Historical Teaching Physics. *History in teaching of Physics*. pp. 12-18. (Brush, S. G. & King. A.L.).
- LAVOISIER, A.L., 1776. *Memoire sur la combustion des chandelles*, en *Oeuvres de Lavoisier*, 1864. (Imprimerie Imperiale: Paris).
- LAVOISIER, A.L., 1777. *Memoire sur les combustions en general*, en *Oeuvres de Lavoisier*, 1864. (Imprimerie Imperiale: Paris).
- LAVOISIER, A.L., 1785. *Memoire sur la dissolution des metaux par les acides*, en Lavoisier, Lucien Sheler 1964. (Seghers).
- LAVOISIER, A.L., 1787. *Precis historique sur les emanations elastiques*, en *Oeuvres de Lavoisier*, 1864. (Imprimerie Imperiale: Paris).
- LAVOISIER, A.L., 1789. *Traité elementaire de Chimie-Discours preliminaire*, en *Oeuvres de Lavoisier*, 1864. (Imprimerie Imperiale: Paris).
- LAVOISIER, A.L., 1789a. *Traité élémentaire de Chimie-Discours preliminaire edition inedite*, en Lavoisier, Lucien Sheler, 1964. (Ed. Seghers).
- LAVOISIER, A.L., 1793. *Reflexions sur l'Instruction publique* en Lavoisier, Lucien Sheler, 1964. (Seghers).
- LIMOGES, 1977. Programme et commentaires des deux premières années des colleges. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 594 p. 1057.
- MEHEUT, M., 1982. *Combustions et reaction chimique dans un enseignement destiné a des élèves de sixième*. Thèse de doctorat Université de Paris VII
- MEHEUT, M. et al. 1984. A propos de l'enseignement des combustions en classes de sixième. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 666, p. 1315.
- MICHAUD, Y. et al., 1986. *Sciences Physiques 6ème*. (Hachette: Paris).
- SAISON, A. et al., 1977. *Eveil aux Sciences Physiques*. (Nathan: Paris).
- WHITAKER, M.A.B., 1972. History and quasi-history in Physics Education. Part 1. *Physics Education*. Vol. 14. pp. 108-112.