

# El Flogisto.

## Ascenso y caída de la primera gran teoría química

CLAUDE LECAILLE

**E**l efecto del calor sobre la materia ha sido desde tiempos muy remotos, sujeto de observación y experimentación. Tradicionalmente se consideraba al fuego como instrumento de transformación, la expresión *ignis mutat res*, tenía valor de consigna. Ya desde los griegos se había difundido la idea de que las sustancias eran combustibles en virtud de la "materia de fuego" que se hallaba presente en ellas. Los alquimistas por su parte, agregaron a los cuatro elementos de Aristóteles (agua, aire, fuego y tierra) los "principios" portadores de las propiedades y constituyentes de los distintos compuestos; tales principios, que hay que distinguir de los cuerpos que llevan el mismo nombre, son: el mercurio, el azufre y la sal, y para los químicos ellos eran los portadores de las cualidades. Así por ejemplo, el azufre (azufre-principio), es el principio de la combustibilidad.

En el siglo XVI diría Paracelso *ubi ignis et calor ibi sulfur* (todo lo que se quema es azufre) y la química del siglo XVII, que nace como ciencia independiente, está basada justamente en esa concepción. Stahl, además de ser uno de los iniciadores del vitalismo, se opone a las teorías corpusculares y mecanicistas vigentes durante el siglo XVII desarrolladas por los newtonianos, y da una nueva amplitud a esta forma de ver las cosas. Su concepto de "mezcla" (no se hace distinción entre mezcla y combinación hasta el siglo XIX), está afiliado a los conceptos aristotélicos. Los constituyentes de un compuesto, los *stoechia*, se transforman y no se conservan. Los elementos constitutivos de una mezcla, los principios, no se pueden aislar ni separar, a menos que se cree una nueva combinación.

Durante la transición del siglo XVII al siglo XVIII, Georg Ernst Stahl (1660-1734) iatroquímico, filósofo y primer médico del rey de Prusia, recupera las ideas de su predecesor Johan Joachim Becher (1635-1682), para el cual la materia está constituida por tres "tierras". La primera "tierra" es la sustancia de



Jacques-Louis David. Antoine-Lavosier y su esposa, 1789.

base. La segunda es la tierra sulfurosa, que para los aristotélicos es el fuego en potencia, y el azufre filosófico de Paracelso; ésta se disipa completamente durante la combustión de la materia orgánica como la madera, las grasas, los aceites, etc. La tercera es la tierra de mercurio la cual confiere a los metales su brillo metálico y su densidad. Los metales son combinaciones diferentes, y por lo mismo no hay ninguna barrera entre ellos, lo que hace posible la transmutación, es decir, la transformación de un metal en otro cambiando las proporciones de la combinación. Así, la alquimia estará marcada por una larga práctica cuya esencia era la de tratar de "curar" los metales viles (el plomo, el hierro...) para transformarlos en oro, el metal más noble.

Stahl toma distancia de estas ideas, y consecuentemente difiere de las ideas de los alquimistas, sin embargo, queda en él una cierta filiación o afinidad con la forma de concebir las cosas. Al igual que Becher, Stahl piensa que los principios no se pueden separar, "no los podemos separar más que pasándolos de una mixtura a otra". Ambos desarrollaron sus ideas sobre los fenómenos químicos a partir de la metalurgia, que conociera un gran desarrollo en esa época.

El proyecto de Stahl consiste en identificar la combustión, en particular la de los cuerpos orgánicos, con la calcinación de los metales. Su forma de ver las cosas se puede esquematizar de la siguiente manera:

Metal (calentado al aire) → cal metálica (actualmente óxido metálico) + flogisto

Azufre (calentado al aire) → ácido vitriólico (actualmente ácido sulfúrico o anhídrido) + flogisto

El flogisto del griego *phlogiston* (*phlos* = llama), es "lo que se va" durante la combustión. La simple observación demuestra que hay algo "que se va" mientras se está quemando un compuesto. El flogisto corresponde al principio-azufre, que, en



este caso, tampoco es el azufre ordinario. Este principio es constituyente del azufre, es parte de él, tanto como lo es de los otros cuerpos que son combustibles. Por ello conviene subrayar que para Stahl, y para los químicos de la época, el azufre es un cuerpo compuesto al igual que los metales, concepción que dominará hasta Lavoisier.

El flogisto es un ser real y permanente. Es indestructible. En efecto, las sales metálicas se pueden "revivir" captando el flogisto de un cuerpo combustible que contenga flogisto. La acción del carbón, que es rico en flogisto, sobre la cal, permite regresar al metal.

Los metales se pueden "desquemar", como se decía en la época. La restitución de una cualidad, la de la combustibilidad en este caso, y el hecho que se pueda intercambiar, demostraba que la cualidad estaba ligada a una identidad material. Surgieron muchas iniciativas encaminadas a aislar el flogisto, incluso por parte del mismo Stahl, en contradicción con su propia concepción teórica. Algunos asociaban el flogisto al "aire inflamable" (nuestro hidrógeno) que, si no era el flogisto puro, al menos era un cuerpo muy cercano al flogisto.

### Una teoría general

Esta teoría explicaba por qué los cuerpos se queman, y relacionaba la combustión con la calcinación uniéndolos en un mismo fenómeno. Asimismo, explicaba la semejanza entre los distintos metales y esclarecía sus puntos en común. Los metales están constituidos por las diferentes tierras combinadas al flogisto. La transferencia del flogisto explicaba a su vez el fenómeno inverso, la reducción. Por primera vez quedan unidas la oxidación y la reducción a través de un fenómeno de transferencia. Aun si hoy en día se trata de electrones el principio sigue siendo el mismo.

El propio Lavoisier recalcará estos dos planteamientos de Stahl, que consisten, por un lado, en relacionar la combustión con la calcinación y, por el otro, en la posibilidad de que la cualidad de inflamabilidad pueda ser transportada. Así, la acción del carbono sobre el ácido vitriólico (sulfhídrico), conduce a la obtención de azufre. El carbono pierde la propiedad de quemarse y se la transmite al azufre.

La reacción inversa explica la obtención de los ácidos:

S (quemado al aire) → ácido vitriólico + flogisto

C (quemado al aire) → ácido carbónico + flogisto

Además de la obtención de los ácidos, se explica la "disolución" de los metales en los ácidos y se asocia la liberación del "gas inflamable" (hidrógeno) a la liberación del flogisto. Además de ser el principio de la combustibilidad, el flogisto se convertirá en el principio responsable de la coloración de las sustancias y de los olores. Durante la combustión de vegetales coloridos se observa, en efecto, que la pérdida del flogisto está acompañada por la pérdida de color; de igual manera que las plantas aromáticas liberan un olor mientras se queman. También se interpretará el fenómeno de la respiración con ayuda del flogisto. Stahl se había dado cuenta que el aire jugaba un papel durante la combustión. Para él jugaba un papel puramente mecánico. El aire le transmite un choque por medio de un movimiento rápido y el flogisto se libera y se disipa en estado de fuego. El aire contribuye así, a la liberación del flogisto. Una vez libre, el flogisto va perdiendo poco a poco el movimiento que lo vuelve luminoso, quedando reducido a partículas tenues, invisibles e insensibles a nuestra percepción. El calor es entonces un fuego invisible, muy dividido, que se debe al movimiento ligero de las partículas del flogisto. Cuando el flogisto queda dividido, pierde su elasticidad. De esta forma deteriora la elasticidad del aire.

Stahl hace la distinción entre un cuerpo que se quema y que pierde el flogisto, y un cuerpo incandescente debido a la rotación de sus partículas impulsadas por el flogisto contenido en las llamas. El flogisto es entonces la materia verdadera del fuego que está latente en él y es insensible, la cual podemos observar cuando se produce el doble fenómeno de luz y calor que constituye el fuego cuando se separa de la mezcla (combinación)

de la que forma parte bajo la influencia del aire.

Esta teoría es de gran importancia, pues, por primera vez en la historia de la química, en ella se engloban todos los hechos conocidos para esta ciencia en un conjunto teórico. Kant dirá que es una ley tan importante como la ley de Galileo de la caída de los cuerpos. El gran químico alemán Wilhelm Ostwald (1853-1932) escribirá: "es la primera vez que se edificaba un sistema racional que ordenaba un gran número de hechos, los más importantes conocidos hasta entonces".

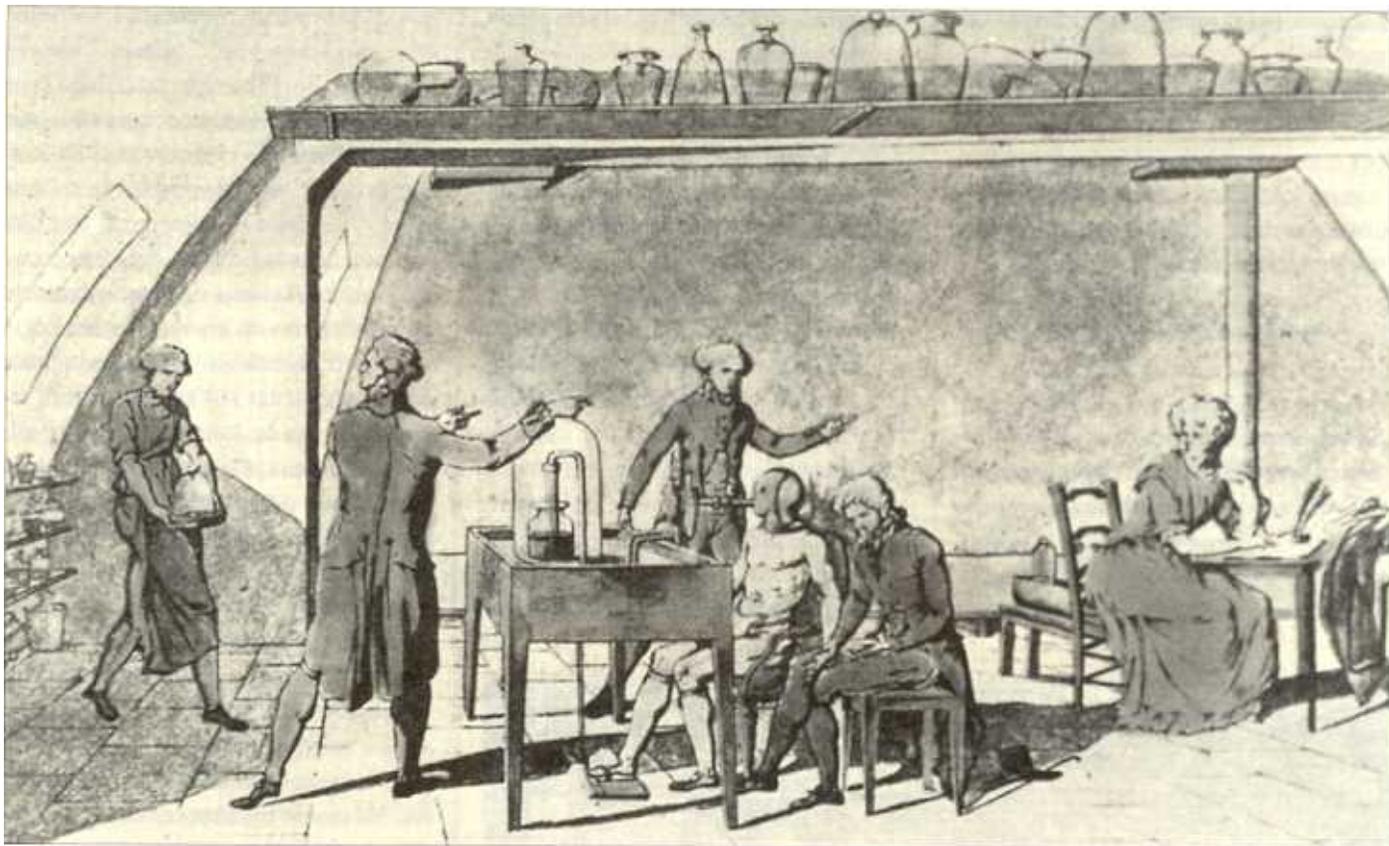
Cuando se da a conocer esta teoría, despierta en los químicos, aunque no de forma inmediata, un gran interés. Los escritos de Stahl (*Zymotechnia* 1697, y *Tratado de Sonfre*, 1697) son difíciles de decifrar pues son una curiosa mezcla de latín y de alemán. *El Tratado de Sonfre* será traducido en Francia por Senac en 1723. Guillome François Rouelle (1703-1770), a partir de esta versión de las ideas de Stahl, lleva a cabo un curso sobre la revolución stahlina que tendrá una gran influencia y al que asistirán, entre otros, Diderot y Lavoisier, quienes ahí aprenderán química. A partir de este curso, se difundirá la química stahlina, la que en realidad se convierte en la química de las Luces. Cada químico le añadirá retoques y sus marcas personales a la teoría. Rouelle, en primer lugar, hará del flogisto un principio con dos funciones: la de ser un compuesto de las mezclas, y la de instrumento de las reacciones químicas.

El célebre químico francés Pierre Joseph Macquer (1718-1784), autor de un importante *Diccionario de química*, expone su concepción de forma sintética en un artículo para la segunda edición del Diccionario, ¡en 1778! Para él, el flogisto es la sustancia de la luz. La luz es para Macquer, convencido newtoniano, susceptible de ser compuesta (en el sentido de combinar) y recompuesta. Cuando está combinada se le designa como flogisto, con el fin de distinguirla de la luz

libre. Durante la combustión, mientras que se libera la luz, produce los fenómenos que le son propios, además del calor y del movimiento de las partículas del cuerpo, movimiento responsable del calor.

Como se puede ver, la teoría del flogisto concuerda con las teorías generales que dominan en la época. Concuerda con las ideas newtonianas (como las de Macquer), en las que se concebía la combustión como un fenómeno durante el cual se desprende la luz de las sustancias, y se vuelven incombustibles. Queda una cuestión no explícita, la de la calcinación de los metales, que será interpretada como una adición de la materia de la luz. Los cartesianos apreciaron esa teoría porque le daba un significado químico al movimiento, mientras que para los newtonianos la confirmación de la combustibilidad del diamante es la verificación de la teoría de la emisión de la luz, de la teoría de la gravitación universal aplicada a los átomos, de la teoría newtoniana de las afinidades químicas, y de la teoría del flogisto.

El aspecto del diamante, su transparencia, hace que, en un principio, se suponga que es parecido al vidrio. Una célebre carta de Descartes a Huyghens, desarrolla este punto de vista. Buffon cuyas convicciones newtonianas son muy fuertes, pone en duda esta visión de las cosas. Deduce por la combustibilidad del diamante, que el índice de refracción debe de ser muy alto. "Los materiales inflamables atraen más poderosamente la luz y es por eso que tienen un índice de refracción más elevado que los otros." El diamante tiene un poder refringente muy elevado en comparación a su densidad. El razonamiento newtoniano conduce a decir que tiene tanta afinidad por la luz como la tienen los materiales inflamables. Se hace la prueba, Lavoisier mismo quema el diamante y... ¡funciona! Ya no se podía considerar al diamante como un tipo de vidrio.



### Aparecen las dificultades

El éxito de la teoría del flogisto es inmediato. Pero por más satisfactoria que pueda aparecer esta teoría, no tardaron en surgir las dificultades. Ya se vio que la naturaleza misma del flogisto conducía a diferentes interpretaciones. La necesidad de la presencia del aire para asegurar la combustión quedaba sin resolver. El gran químico inglés, Robert Boyle (1627-1691), había demostrado en 1672, que no se podía realizar la combustión en el vacío. El papel exclusivamente mecánico que los stahlianos le atribuían al aire, representaba un problema. ¿Todos los tipos de aire jugaban el mismo papel?

La principal dificultad consistía en que los metales aumentan de peso después de la combustión o de la calcinación. ¿Cómo reconciliar el aumento de peso con la liberación de algo durante la combustión? Veremos que esta dificultad conducirá a Lavoisier a dudar de la

teoría y a rechazarla, pues veía en ese aspecto una dificultad capital.

Los discípulos de Stahl no se dejaron preocupar por esa cuestión ya que en esa época la masa no era una característica esencial de la materia. Recordemos que en el pensamiento cartesiano ampliamente difundido en ese momento, la materia estaba definida por su amplitud. Los cambios de forma y aspecto llamaban más la atención que el cambio de peso. El estudio cuantitativo sistemático de las reacciones químicas no tendrá significado hasta que aparecen los trabajos de Lavoisier. Y sin embargo, el aumento de peso se conocía desde hacía mucho tiempo. Ya en el siglo VIII los alquimistas árabes hablaban de ello.

En 1630 Jean Rey (1583-1645), médico en Perigord, en el suroeste de Francia, publicó un *Ensayo sobre la investigación de la causa por la cual el estaño y el plomo aumentan de peso cuando se les calienta*. En él atribuye el aumento de peso a la absorción del aire lo que contribuye

a una explicación mecanicista, pero que, sin embargo, marcaba ya la causa del fenómeno. A partir de entonces se darán diversas explicaciones al aumento del peso.

Para Boyle, como para Nicolas Lemery (1645-1715), cuyas enseñanzas serán famosos en el siglo XVII, son las partículas del fuego las que, al atravesar el recipiente penetrando por los poros, causan el aumento del peso.

El alemán Friedrich Meyer (1705-1765) supondrá que existe en el fuego un tipo de principio *acidum pingue*, cuya unión con el metal es responsable del aumento de peso. Guillaume Francois Venel, redactor del artículo *Chimie* en la gran *Enciclopedia* de Diderot y D'Alembert, atribuye al flogisto ¡un peso negativo! "El flogisto no pesa hacia el centro de la tierra, sino tiende a elevarse, de ahí el aumento del peso de las cales metálicas".

Guyton de Morveau, colaborador de Lavoisier, formulará al principio una ex-

plicación del mismo tipo: "El flogisto es más ligero que el aire", lo demuestra manifiestamente la confusión que existía entre la densidad y el peso! Estas opiniones que Lavoisier pondrá en duda, ilustran las tentativas de reajustar los resultados a las observaciones para hacerlos concordar con la teoría.

**Primeros cuestionamientos**

Los primeros golpes serios contra la teoría del flogisto se formulan en 1772. Lavoisier deposita en la Academia de Ciencias dos manuscritos sellados, que no se abrirán sino hasta 1773. En ellos relata sus experimentos sobre la combustión del azufre y del fósforo y demuestra que

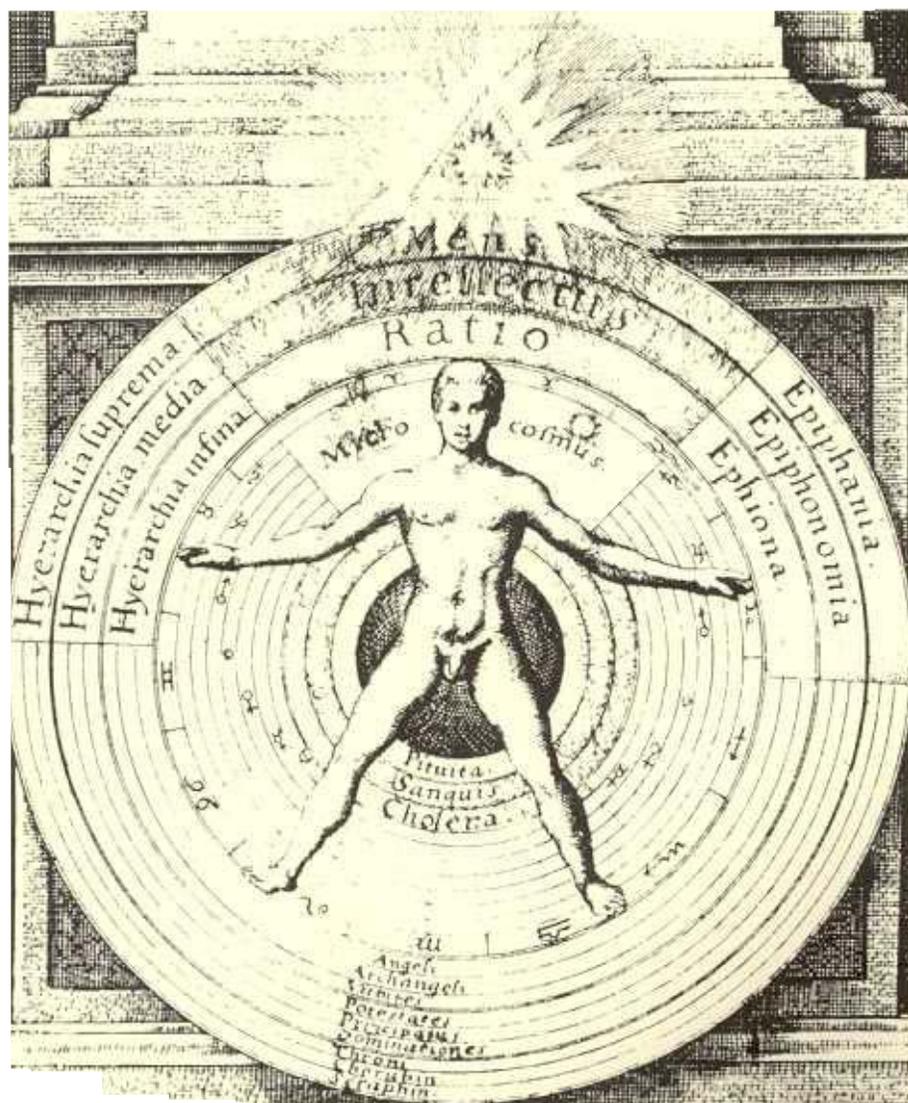
el aumento del peso de la materia sólida, se debe al hecho de que una cantidad de aire haya sido fijada por el sólido. Los pesos sistemáticos que realizó le permitieron postular de manera consistente esta afirmación y demostrar que el aumento del peso observado después de la calcinación de los metales se debe a la misma causa.

La reducción de la litargia (óxido de plomo, PbO) en un recipiente cerrado, que permite el pasaje de la cal metálica al metal, está acompañada por una liberación considerable de aire. La naturaleza de ese aire era desconocida y Lavoisier la llamaba "parte del aire que se fija".

Muchos historiadores de la química fijan a partir de ese año, 1772, el princi-

pio de la revolución química (el término será empleado por el mismo Lavoisier en 1773). En 1774 el farmacéutico francés, Pierre Bayen, obtiene mercurio metálico calentando el óxido rojo de mercurio (HgO) solo, demostrando así que es posible transformar una cal metálica en metal sin la adición del flogisto, ya que no había sido necesario hacerlo reaccionar con un cuerpo rico en flogisto, como el carbón. Esto conducirá a Bayen a guardar sus reservas sobre las concepciones de los partidarios del flogisto. Reeditará además, el texto de Jean Rey, citado anteriormente, en el cual Rey enuncia el principio de conservación de la materia, "el peso que cada trozo de materia toma en la cuna, lo llevará hasta el ataúd." Lavoisier quien ignora el texto, al descubrirlo dudará de su autenticidad. Hay que señalar que Lavoisier nunca reivindicó la paternidad del principio de la conservación de la materia. Más tarde hará un comentario sobre el texto de Rey: "no podía ver su opinión a este respecto, más que como una vaga asertación que hace honor al genio del autor, pero que no dispensaba a los químicos del deber de constatar, por medio de los experimentos, la verdad de esa opinión". Es ahí donde reside la diferencia fundamental. La metodología experimental, sistematizada por Lavoisier, lo cambiará todo.

En 1774, Lavoisier reúne en una obra titulada *Opúsculos químicos y físicos*, sus experimentos sobre la calcinación del plomo y de su estado en un recipiente cerrado. A base de medir sistemáticamente los pesos, con una precisión desconocida en la época (Lavoisier contaba con unas balanzas que había mandado fabricar especialmente con Fortin), quien fuera el recaudador de impuestos del Rey, demuestra que el aumento en el peso del metal calcinado es igual al peso del aire absorbido y concluye que solamente una parte del aire se puede combinar con los metales o servir para la respiración. El aire deja de ser un elemento.



¿Cuál es esa porción de aire que se puede absorber? Lavoisier contesta a esto diciendo: el aire "puro", al que luego llamará "aire inminentemente respirable", más tarde "principio oxígeno", y después oxígeno. (Esto último es una lástima, pues oxígeno significa "el que engendra los ácidos". Lavoisier pensaba que todos los ácidos contienen oxígeno, lo cual dará origen a una terrible confusión, pero esto es otra historia...)

También en 1774, el inglés Joseph Priestley (1733-1804) obtendrá un gas insoluble en el agua que mantiene con vivacidad la combustión al calentar óxido rojo de mercurio (HgO). Cree reconocer N<sub>2</sub>O, el proto-óxido del nitrógeno, que había obtenido el año anterior al reaccionar NO<sub>2</sub> con limadura de hierro. Retomando sus experimentos en 1775, constata que ese "aire" es igual de bueno que el aire ordinario para mantener la combustión y la respiración. Lo llama "aire deflogisticado", es decir, aire que puede aprisionar al flogisto de los cuerpos combustibles.

Casi en la misma época, otro químico partidario de la teoría del flogisto, el farmacéutico sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), aísla también el oxígeno al descomponer óxido de manganeso. Sus experimentos no se publican hasta 1777, y en ellos demuestra que el aire está compuesto de dos fracciones: el "aire corrupto" o "aire viciado", y el aire "puro" o "aire de fuego".

### Derrocamiento de la teoría

El oxígeno se descubre en 1774, pero no se caracteriza. Este descubrimiento desencadenará una discusión de prioridades entre Lavoisier y Priestley. Después de sus trabajos sobre la calcinación del estado en un recipiente cerrado, Lavoisier retoma los experimentos de Priestley, de manera sistemática, literalmente balanza en mano, y calentando el óxido de mercurio en presencia de carbono; ahí descubre que una parte del gas formado es soluble en agua, el llama-

mado "aire fijo" (CO<sub>2</sub>), y que la otra parte, insoluble en agua, activa la combustión y es el mismo gas que sirve para la calcinación de los metales. Este último, no precipita el agua de cal y no es absorbido por los alcalis. Lavoisier calienta entonces el mercurio metálico con ese gas, siempre tomando en cuenta los pesos sistemáticos, y obtiene óxido rojo HgO. Después de multiplicar sus experimentos, publica sus conclusiones en una tesis en 1775, en la que concluye que:

- El óxido HgO es una cal metálica.
- El gas que no es el "aire fijo" mantiene mejor la combustión que el aire atmosférico.
- Que este gas es el responsable del

aumento de peso de los metales durante la calcinación.

La metodología de Lavoisier se despliega en este documento. No presenta sus conclusiones hasta que puede apoyarlas firmemente con una experimentación sistemática. Esto le conduce en 1777 a presentar su famosa tesis en La Academia de Ciencias: *Sobre la combustión en general*. Para él, la combustión consiste en la absorción de un gas, llamado por Scheele, "aire de fuego", por Priestley, "aire deflogisticado" y por él mismo "aire inminentemente respirable". A la otra parte la llamó "mufla residual", y más tarde, en 1787, nitrógeno. La combustión está acompañada por la liberación de calor y de luz. Las sustancias se que-



man solamente en el aire "deflogisticado" de Priestley. El gas en el que se quemaban las sustancias es absorbido, y se correlaciona con el aumento de peso. La substancia que se obtiene es un ácido o una cal metálica. En ese momento Lavoisier todavía es prudente y manifiesta un cierto respeto por la teoría de Stahl. Adelantando una hipótesis, dice simplemente que el flogisto ya no es necesario para explicar la combustión.

En 1783, seis años más tarde, Lavoisier ha madurado más sus ideas y entonces publica su tesis *Reflexiones sobre el flogisto para servir de continuación a la teoría de combustión y de la calcinación*. Ahí hablará más fuerte, y multiplicará los argumentos contra la teoría del flogisto. Rindiendo homenaje a los descubrimientos de Stahl, los retoma punto por punto, para refutar así todos los aspectos de la teoría. "Si en química cada cosa se puede explicar de forma satisfactoria sin la necesidad del flogisto, se vuelve altamente probable que tal principio no exista." Es el verdadero derrocamiento de la teoría, lo que no impedirá a Priestley y a Scheele de morir como partidarios de la teoría del flogisto.

En 1784, Kirwan, químico irlandés, (1733-1822) de gran autoridad en Europa, publica su *Ensayo sobre el flogisto y la constitución de los ácidos*, donde se convertirá en el abogado de las ideas de Stahl. Su obra la traduce inmediatamente al francés Madame Lavoisier, y la anotan sistemáticamente Lavoisier y sus colegas Laplace, Berthollet, Monge, Fourcroy y Guyton de Morveau, quienes ¡comentan y refutan cada punto!

En 1791, Kirwan escribió a Berthollet: "me rindo al fin y abandono al flogisto." Lavoisier salía victorioso de una lucha de quince años contra los partidarios del flogisto.

En 1789, año de la toma de la Bastilla en París, Lavoisier publica su célebre *Tratado elemental de química*, dirigido a un público amplio, en el que desarrolla todos sus conceptos. Este tratado se traduce y se publica en toda Europa, por lo



que a partir de 1789 ningún libro de texto se vuelve a basar en la teoría del flogisto.

Este rápido recorrido deja entrever la importancia del Siglo de las Luces en el dominio de la química. La química stahlianiana no solamente deja atrás las concepciones mecanicistas y abstractamente corpusculares de los químicos del siglo XVII, sino que, arraigada a la tradición de los químicos, asocia práctica y proceso explicativo, con lo que consigue edificar por primera vez en la historia en la química una teoría global. De cierta forma, es esto lo que le permite a Lavoisier llegar a la amplitud de su crítica. Los trabajos de Lavoisier, que están marcados por sello de la genialidad, constituyen una verdadera revolución en la química y van a sentar las bases para el desarrollo de esta ciencia durante el siguiente siglo, tanto en el plano teórico, como en el de sus aplicaciones. Basta evocar el lugar de la química en la revolución industrial para convencerse de ello.

El procedimiento de Lavoisier es totalmente innovador en tanto que es, ante todo, un proceso experimental sistemático. Lavoisier introduce la práctica cuantitativa, dando con ello un lugar central al análisis, con lo que se sientan

las bases de la química moderna. Lavoisier al principio no habla del flogisto hasta que sus convicciones se ven fundamentadas por un estudio experimental sólido, que permita rechazar al flogisto.

La importancia de los trabajos de Lavoisier<sup>1</sup> conducirá a sus sucesores franceses a venerar al autor de la revolución química, hasta convertir la veneración en un verdadero culto<sup>2</sup>, lo que contribuyó ciertamente a forjar una actitud profundamente positivista en los químicos franceses de los siglos XIX, y XX Pero esto ya es otra historia... ●

## Referencias

1. Recordemos que Lavoisier, cuyo 200 aniversario de muerte se celebra en 1994, fue guillotinado porque era el recolector de impuestos del rey, y no porque fuese un sabio.
2. Citemos como ejemplo a Adolphe Wuertz, quien al final del siglo XIX que comienza su *Diccionario de química pura y aplicada* diciendo: "¡la química es una ciencia francesa, fue constituida por Lavoisier de memoria inmortal!"

## Bibliografía

- Bachelard G., 1932, *Le pluralisme cohérent de la Chimie Moderne*. Ed. Vrin, Paris, 1973
- Beck, C.W., 1960, "Georg Stahl 1660-1736" *Journal of Chemical Education* 37:10.
- Ben Saude B., Stengers I., 1993, *Histoire de la Chimie*, Ed. La decouverte, Paris.
- Duhem P. 1902, *Le mixte et la combinaison Chimique*, Ed. Fayard, Paris, 1985.
- Hoefler F., 1869, *Histoire de la Chimie*, Paris.
- Jagnaux R., 1891, *Histoire de la Chimie*, Paris.
- Lecaille C., 1991, *Le monde de la chimie*, Paris.
- Metzger, H. 1969, *Les doctrines chimiques en France du début du 17e siècle à la fin du 18e siècle*, Paris, Blanchard.
- Matzger, H. 1974, *Newton, Stahl, Boerhave et la doctrine chimique*, Paris, Blanchard.
- Ostwald W., 1909, *L'évolution d'une science, la Chimie* (traduction française) Paris.
- Schuffe J.A., 1972, "The different quantities of Phlogiston in metals", *Journal of Chemical Education* 49:12
- Soloveichick, 1962, "The last fight of Phlogiston", *Journal of Chemical Education*, 39:12.

Claude Lecaille: Universidad de Paris VII Francia. Texto escrito específicamente para Ciencias. Traducción Nina Hinke