

Lavoisier y la revolución química¹

INTRODUCCIÓN

El 1 de noviembre de 1772, un joven químico de 29 años abandonó su residencia parisina de la calle Neuve-des-Bons-Enfants para dirigirse a la Academia de Ciencias. Su objetivo era confiar al secretario un sobre lacrado, que permanecería en secreto y no sería abierto hasta el 5 de mayo de 1773. En su interior se encontraba una nota que advertía (Bensaude-Vincent, 1993):

"Hace ocho días que he descubierto que el azufre al arder, lejos de perder su peso, le ocurre lo contrario; es decir, que de una libra de azufre se puede obtener mucho más que una libra de ácido vitriólico [sulfúrico], abstracción hecha de la humedad del aire; al igual que con el fósforo: este aumento de peso proviene de una cantidad prodigiosa de aire que se fija durante la combustión y que se combina con los vapores.

Este descubrimiento, que he constatado con experimentos que me parecen decisivos, me hace pensar que lo que se observa en la combustión del azufre y del fósforo podía muy bien tener lugar en todos los cuerpos que adquieren peso por la combustión y la calcinación; y estoy persuadido de que el aumento de peso de las sales metálicas [óxidos metálicos] tiene la misma causa. La experiencia ha confirmado totalmente mis conjeturas; he hecho la reducción del litargirio [óxido de plomo(II)] en recipientes cerrados, con el aparato de Hales, y he observado que se desprendía, en el momento en que pasaba la cal a metal, una cantidad considerable de aire que formaba un volumen mil veces mayor que el de la cantidad de litargirio empleada. Este descubrimiento me ha parecido uno de los más importantes de los que se han hecho desde Stahl, [por lo que] he creído que debía asegurarme su propiedad, haciendo el pre-



Inés Pellón González

Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas Navales, Universidad del País Vasco, María Díaz de Haro, 68 - 48920 Portugalete-Email: iappegoi@lg.ehu.es

sente depósito en la Academia, para que permanezca secreto hasta el momento en que publique mis experimentos.

En París, el 1º de noviembre [de] 1772.

Firmado: Lavoisier"

Este pliego fue, en palabras de su autor, el inicio de la revolución química. En él no sólo indicaba por triplicado que había realizado un importante "descubrimiento", sino que

aventuraba una interpretación teórica del fenómeno que describía, se arriesgaba a confirmarlo, e incluso tenía el atrevimiento de generalizar su teoría a todas las combustiones.

Pero, ¿quién era Lavoisier? ¿Porqué mantuvo su descubrimiento en secreto durante tantos meses? ¿Qué quiso decir en 1773 cuando habló de "una revolución en física y en química", y cuál fue su papel en ella?

LOS INICIOS

Cuentan que cuando el rey Luis XVI fue informado de la toma de La Bastilla por el pueblo francés, preguntó si se trataba de una revuelta, a lo que le contestaron: "no, señor, es una revolución". Sea o no cierta esta anécdota, es un reflejo de la estructura social francesa de esta época, formada por una sistema piramidal en cuyo vértice se encontraba la familia real, sostenida por tres órdenes feudales: el Primer Estado (clero), el Segundo Estado (nobleza), y el Tercer Estado, formado por los comerciantes, banqueros, médicos, abogados, artesanos y campesinos, es decir, por el resto de la sociedad. Estos tres estamentos tenían unos deberes que realizar y

unos derechos a los que podían acceder. El clero instruiría a la sociedad en los aspectos espirituales y culturales; la nobleza defendería al país ante sus enemigos externos e internos, y el Tercer Estado, que tenía derecho a ser instruido por la Iglesia y a ser defendido por la nobleza, debía sostener a ambos grupos con su trabajo y con los impuestos.

Luis XVI (1759-1793) heredó de su abuelo Luis XV (1710-1774) un país caracterizado por el mal gobierno y las intrigas palaciegas. Además, en 1778 Francia entró en la guerra de la independencia americana al lado de los colonos sublevados, hecho que supuso un importante coste económico que desgastó al país. A finales del siglo, los deberes de los dos primeros grupos sociales se encontraban desvirtuados, a la vez que continuaban manteniendo sus privilegios. El pueblo llano seguía pagando sus impuestos, pero su situación económica empeoraba progresivamente, y esta desigualdad, unida -entre otros factores- al aumento demográfico producido en esta época, generó un resquebrajamiento del sistema social que condujo de forma irreversible a la Revolución Francesa.

Pero antes de que ocurriera esta situación, nació en París Antoine-Laurent Lavoisier, el 26 de agosto de 1743. Su padre, abogado, era procurador del Parlamento parisino, y su madre, Emilie Punctis, pertenecía a una familia de juristas de posición acomodada, falleciendo cuando él tenía cinco años. Su educación se encaminó a una futura incorporación al mundo de las leyes, para lo que se matriculó como alumno externo en el prestigioso *Collège des Quatre Nations*, más conocido por el nombre de su protector, el cardenal Jules Mazarin (1602-1661).

Durante los nueve años que permaneció en él, Lavoisier estudió lengua, literatura, filosofía, matemáticas y física.

¹ Este trabajo forma parte del libro *Un químico ilustrado. Lavoisier*, que será publicado por la editorial Nivola en el año 2002.

Al finalizar el colegio en 1761 se matriculó en la carrera de derecho, en la que se licenció en 1764, y continuó con una formación polivalente que incluía clases de física con el abate Nollet (1700–1770), de botánica con Bernard de Jussieu (1699–1777) en el *Jardin du Roy* (actual *Jardin des Plantes*), y de química con Guillaume François Rouelle (1703–1770). Estudió mineralogía con el amigo de su padre Jean-Étienne Guettard (1715–1786), miembro de la Academia de Ciencias de París desde 1743 y conservador del gabinete de Historia Natural del duque de Orleans.

Lavoisier contempló como, de forma paralela al proceso social descrito anteriormente, se produjeron varias transformaciones políticas y culturales que conformaron una nueva visión del mundo, cuya realidad se contemplaba a través de “las luces” que daba el raciocinio. Fue el proceso denominado “Ilustración”, en el que se creía que, gracias al conocimiento, la humanidad se libraba de las tinieblas de la ignorancia y la superstición. El sustrato que conformó la mentalidad ilustrada estuvo constituido por la revolución científica producida en el siglo XVII, y por el desarrollo de las ciencias experimentales generado a partir de ella. Aumentó espectacularmente la aplicación de la ciencia a la técnica y a la fabricación artesana y viceversa, de forma que este fenómeno, a la par que modificaba el estilo de vida de gran número de personas, generaba jugosos beneficios. Por ello, los diferentes gobiernos impulsaron el desarrollo científico favoreciendo, entre otras medidas, la creación de academias e instituciones, donde la ciencia tuvo un destacado protagonismo. La necesidad de personal cualificado hizo que la profesión de científico adquiriera prestigio y relevancia social, aumentando el número de expertos que se dedicaban a ella. De forma paralela se produjo la necesidad de intercomunicación entre ellos, de manera que en esta época surgieron numerosas publicaciones científicas, que fueron el vehículo perfecto para la transmisión de las ideas y teorías nacidas durante esta centuria (Puerto, 2001).

Gracias a las aportaciones de Isaac Newton (1642–1727) y de otros científicos, se interpretaron los fenómenos naturales de acuerdo con un modelo mecánico, sencillo y razonado. El perfeccionamiento de las ciencias físicas y matemáticas consiguió el apogeo del cál-

culo astronómico, así como un importante desarrollo de la óptica, la dinámica, la hidrodinámica, etc. Nacieron la electricidad y el magnetismo, Linneo revolucionó los estudios de botánica, y el catálogo de minerales conocidos aumentó de forma espectacular.

Por lo que respecta a la química ilustrada, en esta época se perfeccionaron los procedimientos de síntesis de numerosos compuestos de uso comercial, aumentó el número de sustancias con las que se trabajaba en el laboratorio, y se consiguió identificar una gran cantidad de gases, así como simplificar su manipulación en el laboratorio. Sin embargo, esta ciencia no se encontraba al mismo nivel que el resto de disciplinas, como veremos más adelante.

Entre la alta sociedad se puso de moda la investigación científica, y Lavoisier no fue ajeno a este movimiento, aunque en un principio se sintió más atraído por las matemáticas que por el resto de materias. Fue Guettard quien le inició en la química, entendida como una ciencia al servicio de la mineralogía. Con él realizó sus primeros pasos en la carrera científica, al efectuar juntos una expedición geológica de cuatro meses a los Vosgos en 1767.

Durante sus viajes midieron alturas de montañas, espesores y direcciones de estratos, trazaron diferentes planos y efectuaron numerosos análisis de aguas minerales, ayudados por un laboratorio químico portátil. Los resultados de su trabajo fueron presentados ante la prestigiosa Academia de Ciencias de París en febrero de 1765, cuando Lavoisier tenía 21 años.

Lavoisier deseó formar parte de la Academia de Ciencias desde su juventud. En 1764 había presentado un proyecto para alumbrar las calles de la capital francesa de forma económica, al participar en un concurso auspiciado por ella. A pesar de no obtener el premio, el rey Luis XVI le concedió, en sesión pública de la Academia del 9 de abril de 1766, una distinción especial por ser la monografía que presentaba el mejor tratamiento teórico del tema. En 1768 fue admitido como “adjunto supernumerario”, y en 1772, obtuvo la categoría de “asociado”. Trabajador infatigable, dedicó al estudio toda su vida. Su jornada laboral comenzaba de 6 a 8 de la mañana en el laboratorio; realizaba trabajo administrativo el resto del día, y volvía al laboratorio de 19 a

22 horas. Además, consagraba el fin de semana completo a la química.

Siguiendo la estela de su padre, Lavoisier fue un fiel servidor de la monarquía, y en sus veinticinco años de profesión realizó una brillante carrera en la Administración pública. En 1768, con una herencia familiar que le había sido legada dos años antes, compró una acción de la *Ferme Générale*, empresa privada contratada por el Estado francés para recaudar los impuestos indirectos (la sal, el tabaco, las bebidas...) y para hacer respetar los monopolios del Estado con respecto al contrabando. Su sistema de cobro de impuestos facilitaba los abusos, por lo que los “fermiers” no eran demasiado populares, y su pertenencia a ella fue la causa que le llevó a la guillotina.

Con los ingresos que le producía la *Ferme*, Lavoisier pudo costear sus laboratorios y la compra de libros. Consolidó su situación en la institución al casarse en 1771 con Marie-Anne Pierrette Paulze (1758–1836), hija de otro “fermier”. Él tenía 28 años y ella 14, y se convirtió en su cómplice, secretaria y colaboradora. Gracias a su esposa, tuvo conocimiento de los escritos de Priestley, Cavendish y Kirwan, porque era ella quien traducía las obras científicas inglesas.

Marie-Anne recibió clases del pintor Jacques-Louis David (1748–1825) y fue la autora de los dibujos que ilustran los grabados del *Traité élémentaire de chimie* (1789), así como los de los experimentos sobre la respiración que realizó Armand Séguin junto a Lavoisier. Participaba en las reuniones semanales de su marido con otros científicos, que continuaron celebrándose después de su ejecución. Al quedarse viuda tuvo varias propuestas de matrimonio, como las de Charles Blagden y Pierre du Pont, a los que rechazó, hasta que en 1805 se casó con el físico estadounidense Benjamín Thompson, conde de Rumford (1754–1814). La incompatibilidad de caracteres era tal que su matrimonio pronto se deterioró, y en 1809 se separaron (Brock, 1998).

Lavoisier ejerció una doble función administrativa a partir de 1775, al ser nombrado *régisseur des poudres et salpêtres* (administrador de pólvoras y salitres), y por ello desempeñó un papel de cierta relevancia en este aspecto militar del país. Fijó su residencia en “El Arsenal”, donde instaló un esplén-

dido laboratorio, y desde este momento en su hogar se mezclaron vida privada, vida social y actividad científica. En el Arsenal trabajaron de auxiliares de laboratorio jóvenes promesas como Fourcroy y Hassenfratz, a los que ayudó en el desarrollo de sus carreras (Bensaude-Vincent, 1993).

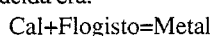
LA QUÍMICA EN EL SIGLO DE LAS LUCES: UNA REVOLUCIÓN ANUNCIADA

Una de las formas de entender la situación en que se encontraba la ciencia química en la segunda mitad del siglo XVIII, es a través de la *Encyclopédie* (1751-1768), obra monumental de la Ilustración. Editada por Diderot y D'Alembert, el primer volumen se publicó en 1751. Estructurada de forma alfabética por temas, se convirtió en el modo de expresión de las ideas ilustradas y reflejó la situación de la ciencia y la técnica de la época. Como interpretaba el mundo desde un punto de vista racional, su publicación produjo el rechazo del clero y de los gobiernos tradicionales, así como bastantes discusiones entre sus partidarios y sus detractores (Branchi, 1999). En España se encontraba entre los libros prohibidos por la Inquisición.

Para Gago (1982), la imagen de la química que mostró la Enciclopedia fue poco luminosa, contrariamente al tratamiento dado al resto de las ciencias. Según Gabriel-François Venel, artífice de la mayoría de los términos químicos en 1753, se hacía necesaria la llegada de un químico "hábil, entusiasta y atrevido" que elevara el nivel de esta disciplina hasta el de las demás materias, porque la química ilustrada presentaba ciertas carencias. Por ejemplo, no existía un modelo teórico que explicara de forma completa los hechos experimentales, ni un lenguaje sistemático y concreto que sirviera como herramienta de comunicación. Es decir, desde 1753 se esperaba una "revolución" en la química, así que la que se produjo fue, por lo tanto, una "revolución anunciada".

Cuando Lavoisier se inició en la ciencia química, se encontraba en pleno apogeo la teoría del flogisto. ¿Qué era dicha teoría? Para explicar el mecanismo de la acción del fuego sobre las sustancias -fenómeno por el que "parecía" que parte de la materia "desaparecía" al quemarse-, Johann Joachim Becher (1635-1682) imaginó en 1669 la existen-

cia de una tierra inflamable (*terra pinguis*), que explicaba la combustibilidad. Esta idea se transformó en la teoría del flogisto gracias al médico Georg Ernst Stahl (1660-1734), quien a principios del siglo XVIII supuso que todos los metales y cuerpos combustibles contenían un principio común, el *flogisto*, idéntico en todos, 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 otras, escasas. Así las "cales" (óxidos metálicos), pobres en flogisto, se transformaban en metales si se introducía en ellas el flogisto proveniente de sustancias ricas en ese principio, como carbón de leña, aceite, etc, calentadas junto a ellas. La reacción producida era:



También se podía producir la reacción inversa; los metales, ricos en flogisto, expulsaban este principio al aire cuando se calcinaban. El flogisto era invisible, se encontraba enmascarado y no podía obtenerse en estado puro, porque siempre formaba combinaciones. Explicaba bien casi todos los hechos experimentales, aunque algunos fenómenos se ajustaban a ella de una forma bastante artificiosa. Por ejemplo, el hecho de que los metales aumentaran de peso durante la calcinación a pesar de que durante ese proceso se perdía flogisto, se justificaba admitiendo para dicha sustancia un peso negativo.

Aproximadamente a partir de 1750, la mayoría de los químicos franceses adoptaron esta teoría y quedó reflejada en los textos de la época, como en los *Éléments de chimie theorique* (1756) del médico Pierre Joseph Macquer (1718-1784), o en las lecciones de Guillaume François Rouelle, profesor de química de los estudiantes de medicina y farmacia en el *Jardin du Roi* en París (Brock, 1998).

A lo largo del siglo XVIII mejoraron las técnicas para estudiar las propiedades de los compuestos gaseosos, y comenzó su estudio en profundidad. Gracias al aparato inventado por Stephen Hales (1677-1761) que Lavoisier citaba en su nota lacrada de 1772 -denominado "cajón neumático" o cuba hidroneumática-, se pudo recuperar el gas producido en una reacción química, e incluso realizar medidas cuantitativas de estos productos. En su obra *Vegetable Staticks* (1727), Hales concluía que el "aire" (gas) podía existir "fijo" en algunas sustancias, y ser desprendido al reaccionar éstas entre sí.

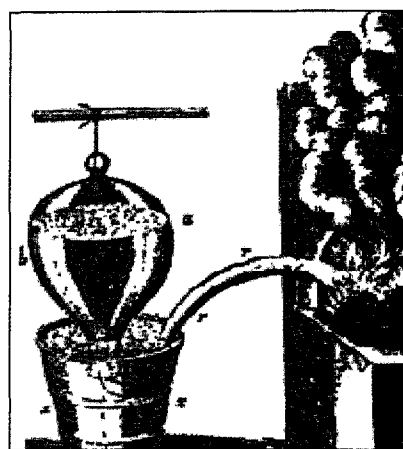


Figura 1: "Cajón" de Hales del *Vegetable Staticks* (1727)

El funcionamiento de su "cajón" era muy sencillo. Al calentar o quemar distintas sustancias, los gases desprendidos pasaban por un tubo acodado (r) hasta un recipiente lleno de agua (x). Las burbujas de gas eran recuperadas en el balón (b), formando el gas contenido en (a) (Ihde, 1984).

En las décadas 1760 y 1770 se desarrolló en toda Europa la denominada "química neumática", cuyo principal objetivo era recoger e identificar los gases producidos en las reacciones. En esta tarea destacaron los químicos ingleses -sobre todo el teólogo y químico Joseph Priestley (1733-1804)-, quienes realizaron un excelente trabajo de química experimental y cuantitativa, utilizando diferentes aparatos de laboratorio de forma sistemática y exacta, como los eudiómetros -que permiten hacer el análisis volumétrico de determinadas mezclas gaseosas o la síntesis de ciertos compuestos gaseosos a partir de mezclas de otros gases en cuyo seno se hace saltar la chispa eléctrica-. Sin embargo mostraron su trabajo de una forma modesta, sin la intención de encabezar ninguna "revolución química" ni de formar una nueva teoría, ya que la teoría del flogisto, de momento, lo explicaba todo de forma satisfactoria.

En un principio París permaneció al margen de aquellos acontecimientos, y los químicos franceses no vieron la importancia del papel de los fluidos aeriformes en las reacciones. Todavía consideraban que el aire atmosférico era un gas inerte, "un simple receptáculo de las exhalaciones" (Poirier, 2001).

Pero muy pronto la mirada francesa atravesó el canal de La Mancha. Jean Charles Philibert Trudaine de Montigny (1733–1777), director del Bureau du Commerce de París y miembro de la Academia, encargó a Joao Hyacintho de Magalhaens (comúnmente denominado Magellan) (1722–1790), portugués afincado en Inglaterra y amigo de varios científicos como Franklin o Watt, que le informara de las últimas novedades científicas y técnicas inglesas. Podría considerarse que este trabajo de “espionaje” fue el que inició la transformación de la química europea, porque cuando en marzo de 1772 Magalhaens informó a Macquer de los trabajos de Priestley, Macquer los expuso ante la Academia de Ciencias de París el 1 de abril de dicho año, y el 14 de julio de 1772, Trudaine encargó a Lavoisier que repitiera las experiencias de Priestley, hecho que supuso el inicio de su interés por los gases.

1772, UN AÑO CRUCIAL

Para determinar el grado de pureza del agua que llegaba a la capital francesa a través de una conducción al aire libre, los químicos parisinos efectuaban diferentes

análisis, entre los que se encontraban sucesivas destilaciones y la evaporación de la muestra a sequedad. Con este procedimiento obtenían –a partir del agua teóricamente pura–, un residuo sólido, que sugería la posibilidad de que el agua se transmutara en tierra, de acuerdo con las concepciones alquimistas. Si bien a finales de los años 1760 pocos científicos daban crédito a estas ideas, ya que no encontraban una explicación lógica al fenómeno.

Lavoisier inició 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 ebullición durante ciento un días sin interrupción. Poco a poco se fue formando un residuo sólido. Al finalizar los tres meses volvió a pesar el conjunto, y observó que la masa no había variado prácticamente nada respecto de la cantidad inicial, por lo que estaba claro que el fuego no había originado ningún incremento de peso. A continuación pesó el residuo sólido y el recipiente por separado, y observó que la cantidad de materia sólida formada en el proceso coincidía casi exactamente con la disminución de masa que había sufrido el receptáculo,

por lo que dedujo que el origen de dicho residuo era el propio recipiente de vidrio, que había sufrido un proceso de lixiviación, al disolverse en el agua los constituyentes solubles del sólido.

Para Lavoisier estaba claro que no se había producido la transmutación del agua en tierra, y comunicó los resultados de su trabajo a la Academia en 1770. En su procedimiento se observa la utilización de la ley de conservación de la masa desde un punto de vista metodológico, si bien no llegó a formularla de forma explícita hasta 1789 en su *Traité*.

A partir de este momento se dedicó a estudiar las propiedades de los gases y los fenómenos de la combustión, y fue entonces cuando, el 1 de noviembre de 1772, Lavoisier confió al Secretario el sobre lacrado que no fue abierto hasta el 5 de mayo de 1773, con el que se iniciaba este relato. Sus breves líneas constituyen una magnífico arquetipo del método experimental (observación, hipótesis, verificación...). Es un ejemplo perfecto del concepto de revolución científica: un único individuo, en una sola página, convulsiona las ideas formalmente establecidas a lo largo de todo un siglo (Brock, 1998; Gago, 1982).

A pesar de que no fue Lavoisier quien “descubrió” la anomalía descrita en 1772, porque el aumento de peso que se producía al calcinar un metal era un hecho conocido desde el siglo XVII, su genialidad consistió en convertir una cuestión menor en el centro del problema, al darse cuenta de su importancia. En un principio (agosto de 1772), Lavoisier no pretendía desbancar la teoría del flogisto, sino completarla, y en una memoria depositada en la Academia de Ciencias el 20 de octubre de 1772, no estaba en realidad preocupado por la combustión, sino por la formación del ácido fosfórico. Pero a partir del 1 de noviembre cambió su perspectiva, y en abril de 1773 propuso una nueva teoría de la calcinación. Su cambio de mentalidad puede apreciarse en el nuevo cuaderno de laboratorio que inició en febrero de dicho año (1773), donde exponía la serie de experimentos que se proponía realizar, y afirmaba que éstos provocarían “una revolución en física y en química” (Bensaude-Vincent, 1993).

A partir de este momento, el aumento de peso dejó de ser “un hecho maravilloso de la química”, para convertirse en “un efecto singular que los físicos no han explicado todavía”. Según el propio Lavoisier, “es probable que el estudio

Cronología abreviada de los trabajos de física y química de Lavoisier

(Elaborada a partir de Partington, vol. III, 1962)

1765	Memoria “Del análisis del yeso”
1772	Experimentos sobre la calcinación Pliego lacrado entregado a la Academia
1773	Calcinación del plomo y el estaño en una retorta
1774	<i>Opuscules physiques et chimiques</i>
1777	Memoria “De la respiración de los animales” Memoria “De la combustión en general”
1780	Experimentos sobre los ácidos
1781	Trabajos sobre el calor junto a Laplace
1783	Memoria “De la composición del agua” Memoria “Reflexión acerca del flogisto”
1785	Gran experimento de síntesis y análisis del agua
1787	Memoria “De la necesidad de reformar y de perfeccionar la nomenclatura química”
1789	<i>Tratado elemental de química</i> Primer volumen de los <i>Annales de chimie</i>
1792	Trabajos para el sistema métrico

más profundo de los fenómenos del aire fijo [CO₂] conducirán a esta ciencia [la química] a la época de una revolución casi completa”.

LOS AÑOS MÁS CREATIVOS: 1773-1789

En febrero de 1773, Lavoisier se planteó estudiar de forma sistemática la actuación de los gases en las reacciones químicas. El fruto de su labor cristalizó en el libro *Opuscules physiques et chimiques*, publicado en 1774.

Al igual que en el resto de sus trabajos, la organización de este libro se asemeja a la de las publicaciones científicas actuales. Comienza con una introducción en la que revisa el tema a tratar y plantea los objetivos que desea conseguir; continúa con la descripción de la metodología y el material utilizado, y finaliza con la exposición de los resultados y su posterior discusión. En la reseña de esta obra, realizada por Trudaine, Macquer, Le Roy y Cadet, se indica (Gago, 1982):

“...él ha sometido todos sus resultados a la medición, al cálculo y a la balanza: método riguroso que, felizmente para la química, comienza a ser indispensable en la práctica de esta ciencia”.

A lo largo de 1774, la mayor parte de los trabajos de Lavoisier se enfocaron al estudio de la calcinación de los metales y a la reducción de sus óxidos con carbón. Repitió los experimentos que habían realizado Boyle y Priestley, y los expuso el 2 de abril de 1775 en el trabajo titulado “Memoria sobre la naturaleza del principio que se combina con los metales durante la calcinación y los aumenta de peso”. En ella denominó al gas obtenido por calentamiento en ausencia de carbón “aire atmosférico muy puro”, y más adelante, “la parte más salubre y más pura del aire” y “aire eminentemente respirable”. Si bien estas nuevas denominaciones se basaban en los descubrimientos que había realizado Priestley sobre el oxígeno, Lavoisier fue quien interpretó correctamente su papel en la combustión y en la calcinación. Por ello se suele decir que Lavoisier lo “redescubrió”.

En esta época, además de en la Ferme, Lavoisier trabajó en la *Régie des Poudres et Salpêtres (Compañía estatal de pólvoras y salitres)* a partir de marzo de 1775. Ese año se trasladó a

vivir al Arsenal, donde instaló un fabuloso laboratorio, en el que se reunían con él tanto sus colegas franceses como los sabios extranjeros que llegaban a la capital parisina.

El 20 de abril de 1776 leyó en la Academia la memoria “Sobre la existencia del aire en el ácido nitroso [ácido nítrico] y sobre los medios de componer y recomponer este ácido”. En los experimentos que realizó para elaborarla pudo observar cómo el oxígeno formaba parte del ácido nítrico. Encadenando este hecho con los experimentos que había realizado con el fósforo y con el azufre, que le habían mostrado que el aire atmosférico era absorbido en la combustión de ambos elementos para formar sus respectivos ácidos, Lavoisier afirmó (Gago, 1982):

“... no solamente el aire sino más bien la parte más pura, entra en la composición de todos los ácidos sin excepción; que a esta sustancia deben su acidez, hasta el punto de que se puede a voluntad darles o quitarles la cualidad de ácido, según que se les despoje o se les suministre la porción de aire esencial a su composición”.

Durante los años 1776-1777 hizo pública su teoría de la acidez, y la versión definitiva de ésta fue presentada el 23 de noviembre de 1779, en su memoria “Consideraciones generales sobre los ácidos y sobre los principios de que están compuestos”, que fue publicada en 1781. En ella demostraba cómo el oxígeno formaba parte de todos los ácidos, e incluso podía crear ácidos por sí mismo. Debido a este carácter generador de ácidos, Lavoisier denominó al oxígeno combinado “principio acidificante” o “principio oxígeno”.

A pesar de que el mismo Lavoisier se dio cuenta de que los metales eran una excepción, no dudó en generalizar el concepto de ácido como sustancia producida por el oxígeno. Lavoisier confiaba en que en algún momento se podría conseguir la combinación de los metales con el oxígeno para formar ácidos, hecho que se lograría cuando se encontrara el mecanismo adecuado. Esta idea equivocada no impidió que el término oxígeno (generador de ácidos) se extendiera entre toda la comunidad científica, y que incluso haya perdurado hasta nuestros días.

En estos años, Lavoisier se interesó por el **calor** desprendido en ciertas reacciones químicas. Además de la

memoria leída ante la Academia en 1777 titulada “De la combinación de la materia de fuego con los fluidos evaporables, y de la formación de los fluidos elásticos aeriformes”, realizó varios experimentos con el matemático Laplace, en los que midieron la volatilidad del etanol y del éter. Para cuantificar el calor producido en las reacciones, Laplace ideó el calorímetro de hielo, con el que efectuaron varios experimentos durante los años 1781-1783. Plasmaron sus ideas y sus experiencias en la publicación *Mémoire sur la chaleur*.

Con sus ideas sobre el calor, Lavoisier presentaba una explicación más clara de los fenómenos de la combustión que la que proporcionaba la teoría de Stahl, y comenzó a atacar a la teoría del flogisto, aunque de forma prudente, para no herir a sus colegas académicos. Para Brock (1998), la mitad de la revolución de Lavoisier ya se había realizado en 1779.

Lavoisier comenzó a estudiar el fenómeno de la **respiración** el mismo año de 1777. En la última parte de la *Mémoire sur la chaleur* dedicó un capítulo a la respiración, en el que denominó a la parte no respirable del aire, “mofeta” o “azote” (nitrógeno), que se exhalaba sin sufrir variación alguna (Gago, 1982). En 1783, Lavoisier y Laplace realizaron medidas cuantitativas sobre este proceso con un conejillo de Indias, experimento del que surgió la frase “hacer de conejillo de Indias” (Brock, 1998).

Lavoisier tuvo noticia de los experimentos que había realizado Henry Cavendish (1731-1810) en 1781 sobre la síntesis del **agua** a través de Blagden, ayudante de este último. Dentro de su esquema basado en el oxígeno, las piezas del rompecabezas empezaban a encajarse del mismo modo que en un puzzle. A partir de 1781, iniciada la batalla contra el flogisto, Lavoisier movilizó a sus aliados para crear las condiciones de una controversia, y vencer así al resto de la comunidad científica. Para ello utilizó la síntesis del agua, en un experimento realizado ante un público selecto (Cartwright, 2000).

El 24 de junio de 1783, el rey Luis XVI, uno de sus ministros, Blagden, y algunos miembros de la Academia se situaron delante de un aparato de combustión, para observar cómo Lavoisier y Laplace giraban los grifos de dos reservorios de gas que contenían hidró-

geno y oxígeno. Después de aplicarle una descarga eléctrica, la mezcla generó varias gotas de agua. El fruto de ese experimento fue una primera memoria leída ante la Academia el 21 de abril de 1784, que tuvo continuación en otro trabajo titulado "Memoria donde se prueba, por la descomposición del agua, que este fluido no es en absoluto una sustancia simple, y que existen numerosos medios de obtener en grande el aire inflamable que forma parte de ella como principio constituyente".

Lavoisier deseaba que la demostración de la composición del agua fuera un acontecimiento histórico y nacional, y preparó una experiencia espectacular durante todo un año. En febrero de 1785, todo estaba listo para mostrar al mundo que el agua era un cuerpo compuesto. De nuevo se formó un auditorio escogido, constituido por varios miembros de la Academia, el duque de Chaulnes, el Ministro Mallesherbes y el intendente Villedeuil. La demostración duró dos días, y consistió en un doble experimento: la síntesis y la descomposición del agua.

Históricamente, esta experiencia jugó un papel decisivo. El 6 de abril de 1785, Berthollet anunció públicamente que admitía la existencia de un "principio ácido" u "oxygène", de acuerdo con la teoría de Lavoisier. Su postura abrió una importante brecha en el seno de la Academia, entre un pequeño grupo formado por Lavoisier, Laplace, Monge y Berthollet, que se enfrentaron al resto de académicos (Bensaude-Vincent, 1993). La controversia se había iniciado.

LA BATALLA CONTRA EL FLOGISTO

A partir de 1785 se libró la batalla decisiva contra el flogisto en el seno de la Academia. El 22 de enero de ese año, Lavoisier leyó una Memoria titulada "Sobre la disolución de los metales en los ácidos", en la que advertía que, a partir de ella, presentaría en todos sus trabajos las pruebas necesarias para demostrar la inexistencia de esta sustancia.

La polémica se desató el 28 de junio de 1785, cuando Lavoisier leyó sus "Reflexiones sobre el flogisto". A pesar de que al principio los académicos le interrumpieron sin cesar, esta memoria, cuidadosamente elaborada y argumentada, hacía trizas aquella idea, a la que conceptuaba de "opinión", "error funesto", "ser imaginario", y "suposición gratuita".

Lavoisier convenció a sus colegas más reaccionarios con una brillante argumentación; demostró que el flogisto era simplemente un término atribuido a múltiples cosas diversas y contrapuestas: entidades que se podían pesar e imponderables; sustancias capaces e incapaces de atravesar los recipientes; coloreadas o transparentes; cáusticas e inertes. El flogisto explicaba demasiado, se había convertido en "un verdadero Proteo que cambia de forma a cada instante".

Haciendo gala de un cuidado exquisito, Lavoisier otorgó a cada científico su parte de razón, y sólo criticaba la coexistencia de sus razonamientos. Para argumentar sus explicaciones utilizó su propia teoría del calor, sus experimentos sobre la combustión y la calcinación, retomando las líneas generales de la memoria de 1777. Distinguió entre varios fenómenos de combustión (ignición, inflamación, detonación), y los explicó de forma coherente según su teoría. La batalla estaba ganada; sólo faltaba ganar la guerra.

REFORMA DE LA NOMENCLATURA: LA DOCENCIA DE LA QUÍMICA EN LA PICOTA

Azúcar de Saturno, flores de bismuto, mantequilla de arsénico, yeso de París, materia perlada de Kerkringius, murias, sal admirable... nombres exóticos, cargados de resonancias mitológicas, que a nuestros ojos resultan completamente oscuros. Así era el lenguaje de los libros de química anteriores a 1787, cuando se publicó el *Méthode de nomenclature chimique*.

El primer intento de reforma lo realizó Guyton de Morveau cuando todavía era partidario de la teoría del flogisto, y su proyecto no prosperó. Pero durante los años 1785-1787, Berthollet, Guyton de Morveau y Fourcroy se convencieron de la inexistencia de dicho principio, y se plantearon la necesidad urgente de confeccionar un nuevo lenguaje. Reunidos junto con Lavoisier para realizar dicha tarea en París durante ocho meses de trabajo intenso, el esfuerzo de los cuatro químicos cristalizó en el libro *Méthode de nomenclature chimique*, que se publicó en el verano de 1787. En esta fecha, el cuarteto se encontraba en pleno esplendor: Guyton de Morveau tenía cincuenta años, Lavoisier cuarenta y cua-

tro, Berthollet treinta y nueve, y Fourcroy, treinta y dos.

Sus propuestas estaban basadas en las ideas del filósofo Étienne Bonnot de Condillac (1715-1780), para quien el lenguaje bien hecho tenía una importancia fundamental en el progreso de la ciencia. De acuerdo con esta concepción, las sustancias más sencillas eran las que deberían nombrarse en primer lugar, pero con nombres que recordaran las sensaciones que proporcionaban los objetos. Para Lavoisier era imprescindible distinguir (Gago, 1994):

"La serie de hechos que constituye la ciencia; las ideas que representan los hechos y las voces que los expresan. La voz debe hacer nacer la idea, ésta debe pintar el hecho: éstas son tres estampas de un mismo sello, y como las palabras son las que conservan las ideas y las comunican, de aquí resulta que sería imposible perfeccionar la ciencia no perfeccionando el lenguaje, y por verdaderos que fuesen los hechos, por justas las ideas que hubiesen producido, no comunicarían sino impresiones falsas no teniendo expresiones exactas con que nombrarlas. La perfección de la nomenclatura de la química con este respecto consiste en presentar con exactitud las ideas y los hechos, sin ocultar nada de lo que ellas presentan y, especialmente, sin añadir cosa alguna, no debe ser más que un espejo fiel, porque no podremos repetir suficientemente que jamás nos engaña la naturaleza, ni los hechos que nos presenta, sino nuestro razonamiento".

La edición de esta obra marca un momento crucial en la historia de la química, porque su publicación supuso la ruptura total con el pasado a la vez que enterraba sin remisión a la doctrina del flogisto. Esta nomenclatura ha permanecido hasta nuestros días, y con ella, los químicos pudieron comunicarse entre sí con un lenguaje sistemático y exacto.

A partir de este momento, esta doctrina se denominó "teoría de los químicos franceses", "química nueva", "moderna", o simplemente, "antiflogista", quedando así definida a partir de 1788 por la nacionalidad de sus partidarios, además de por su carácter polémico e innovador. De todos modos, Lavoisier reclamó su paternidad, indicando que esta teoría era "la suya", y

que había sido adoptada por el resto de sus colegas, para formar la "escuela" de los químicos franceses.

El cambio de mentalidad se fue produciendo en Francia de manera progresiva, y los partidarios de la teoría antiflogista —Guyton de Morveau, Gaspard Monge, el barón de Dietrich, Berthollet, Fourcroy, Hassenfratz, Adet y el propio Lavoisier— decidieron fundar una nueva revista, denominada *Annales de chimie*, que se difundiría inmediatamente en Francia e Inglaterra. Su primer número se publicó en 1789, y ha perdurado hasta nuestros días.

Gracias a la tarea de todo el equipo, puede afirmarse que, a partir de 1789, Francia se encontraría completamente "desflogisticada". Pero el objetivo de Lavoisier era acometer una revolución pedagógica, además de la "revolución en química y física". La elaboración del Método de nomenclatura fue un primer paso, que se vio coronado por la publicación del *Tratado elemental de química en 1789*.

EL TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE (1789)

En el año 1789, mientras el pueblo francés tomaba La Bastilla, Lavoisier publicaba el *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes (Tratado elemental de química, presentado de acuerdo a un orden nuevo, y según los descubrimientos modernos)*. De acuerdo con su título, esta obra presentaba de forma íntegra y sencilla las bases de su nueva química, y contrariamente a lo que solía ser habitual en sus trabajos, estaba dirigida a "los principiantes", y no a los eruditos.

Según Gago (1982), durante los años 1780–81 Lavoisier redactó un primer borrador de esta obra, si bien la edición final no se completó hasta 1789. Era, por lo tanto, un proyecto antiguo, del que su autor afirmaba que "será la obra de mi vida".

El *Tratado* está formado por un "Discurso preliminar" y por tres grandes bloques. En el primero, titulado "De la formación de los fluidos aeriformes y de su descomposición; de la combustión de los cuerpos simples y de la formación de los ácidos", se detallan las bases teóricas de la nueva química, fundamentada en el calórico o principio asociado a la elasticidad, y en el oxí-

geno, principio portador de la acidez. También se encuentra en este capítulo la descripción de sustancias como ácidos y sales, e incluso compuestos orgánicos, como el azúcar producido en la fermentación del zumo de la uva.

En la segunda parte ("De la combinación de los ácidos con las bases salificables y de la formación de las bases neutras") se muestran, en cuarenta y cuatro tablas sinópticas, las combinaciones de los ácidos con las bases, y las sales neutras que se derivan de ellos. Están ordenadas de lo más simple a lo más complejo, y en la primera de ellas se presenta la relación de elementos. También incluye otra tabla con los radicales que se combinan con el oxígeno, y puede afirmarse que la novedad introducida por Lavoisier en esta parte no es ni por su forma ni por el contenido, porque colocar los ácidos, las bases y las sales en forma de tablas era el corolario habitual en los tratados de química del siglo XVIII. Su innovación consistió en sustituir las tablas-catálogo que contenían miles de experiencias, por otras que estaban fundadas en una teoría y en unas prácticas de laboratorio representativas. Con las tablas de Lavoisier, se podría prever cuáles serían los productos de nuevas experiencias, gracias a la sistemática de su método.

En la tercera y última parte, titulada "Descripción de los aparatos y de las operaciones manuales de la química", quedaban reflejados los diferentes instrumentos y procedimientos de laboratorio. Era el complemento de la parte teórica, la conclusión lógica del libro, aunque su forma de presentarlo fue totalmente innovadora. Hasta este momento, la descripción de aparatos y montajes de laboratorio era un hecho habitual en los tratados de química de esta época, pero siempre aparecían inmersos en el texto, localizados en mitad del discurso. En el tratado de Lavoisier se encuentran todos los grabados agrupados al final del texto, y son dibujos realizados con un cuidado extremo por Mme. Lavoisier, en los que se encuentra, además de un gran número de detalles, todos los instrumentos necesarios para describir un tratado completo de práctica química. Lavoisier no se contentó con reflejar los utensilios necesarios para realizar los métodos de medida gravimétrica y volumétrica, sino los de todas las operaciones fundamentales de la química:

destilación, licuefacción, evaporación, etc. Además, presentaba los aparatos más modernos utilizados para recuperar y medir los gases, otros diseñados o perfeccionados por él mismo, como el areómetro o el calorímetro, e incluso los utensilios más tradicionales, como alambiques o retortas.

El programa didáctico de esta obra queda perfectamente definido en el "Discurso preliminar", donde Lavoisier denunciaba un defecto común a todos los tratados de química de su época: comenzaban exponiendo unas nociones generales como los principios de los cuerpos o las afinidades, dando por supuesto que los alumnos ya tenían adquiridos los conocimientos que en realidad se debían enseñar. Para escapar de este círculo vicioso, Lavoisier proponía avanzar de lo conocido hacia lo desconocido, es decir, de acuerdo con Condillac, "seguir la marcha natural de las ideas".

La revolución química de Lavoisier se produjo rápidamente, si bien no llevó asociada en el tiempo el giro pedagógico que él esperaba, porque incluso sus colaboradores más estrechos tardaron en aplicarlo.

LOS AÑOS REVOLUCIONARIOS (1789–1793)

A principios de 1789, la burguesía, el bajo clero y una fracción liberal de la nobleza se opusieron al rey y al grupo de privilegiados formado por nobles, parlamentarios, obispos y superiores de las abadías, para obtener las mismas condiciones económicas, porque la cosecha de 1788 había sido desastrosa, y en julio de 1789, el precio del pan subía sin cesar. Los campesinos y los artesanos esperaban del poder real alguna medida que aliviara su miseria. Cuando Luis XVI reunió a sus tropas en Versalles, las masas populares parisien- ses creyeron que lo que se fraguaba era un complot tramado por el rey y los privilegiados para impedir cualquier reforma, por lo que se sublevaron y tomaron La Bastilla, símbolo del absolutismo, el 14 de julio de 1789. Ante la gravedad de los acontecimientos, el rey se trasladó a París para reconocer la soberanía del pueblo y tomar la escarapela tricolor de los insurrectos, intentando evitar lo peor.

Fue en vano. Después de muchas vicisitudes, el 10 de agosto de 1792 se

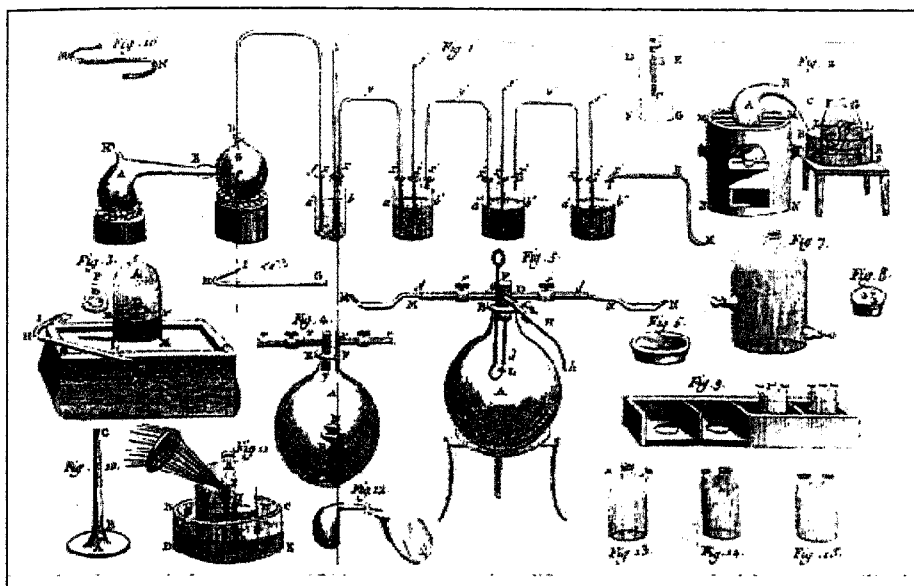


Figura II: Grabado de *Tratado elemental de química* (1789) que muestra los diferentes aparatos de laboratorio utilizados por Lavoisier. En la Figura 1, los gases desprendidos en A se lavan en la serie de frascos de tres bocas (o tubos de Wulff), que contienen las disoluciones adecuadas. La Figura 3 es una cuba hidroneumática, utilizada para recoger gases; la Figura 5 refleja un balón de vidrio empleado para sintetizar el agua a partir de sus elementos (hidrógeno y oxígeno), y el aparato dibujado en la Figura 11 servía para calcinar plomo o estaño en el aire.

preparó la caída de la realeza, y en París se produjeron las matanzas de septiembre. El 21 de ese mismo mes se reunió la Convención, que proclamó casi inmediatamente la república. La ejecución de Luis XVI el 21 de enero de 1793 provocó que la mayoría de los estados europeos se aliaran contra Francia y entraran en la denominada "guerra contra la Convención".

Los últimos vestigios del régimen feudal desaparecieron a lo largo de los años 1792 y 1793. El 26 de agosto de 1793, la asamblea constituyente que gobernaba el país, denominada Convención, votó una *Constitución de derechos del hombre y del ciudadano*, régimen que proclamaba la libertad, la igualdad, la inviolabilidad de las propiedades y la resistencia a la opresión. La revolución había triunfado.

Hubo varios cambios de gobierno, entre los que destacaron los tres mandatos del Terror (Primer Terror: agosto 1792-enero 1793; Segundo Terror: junio 1793-enero 1794; Tercer Terror: junio-julio 1794). Desde junio de 1793 se detuvieron a 300.000 sospechosos, de los que fueron ejecutados 17.000, entre otros, al propio Danton y a otros líderes revolucionarios (Soboul, 1975).

En un principio, el "ciudadano" Lavoisier participó activamente en el

movimiento revolucionario. Fue miembro de la guardia nacional, concretamente en la sección del Arsenal, y participó en la toma de La Bastilla. Miembro de la Comuna de París, desde su situación en el Arsenal—de considerable importancia estratégica—, tuvo que afrontar varias algaradas populares y sus ideales revolucionarios fueron puestos en duda numerosas veces. Las sospechas se orientaron contra él a partir del 6 de agosto de 1789, cuando tuvo que rendir cuentas por un barco cargado de pólvora que parecía que iba a ser entregado a los emigrados que conspiraban contra el gobierno revolucionario. Se le pretendió ejecutar de forma sumaria, pero, después de oír sus razones, salvó la vida.

Lavoisier se convirtió en uno de los seis inspectores del nuevo Tesoro nacional, cargo desde el que elaboró el trabajo "De la riqueza territorial del reino de Francia". También en esta época formó parte del importante proyecto de reforma del sistema de pesas y medidas, que fue encargado a la Academia ante las numerosas reclamaciones que se habían producido.

Pero muy pronto todos los pilares que sustentaban la carrera de Lavoisier comenzaron a desmoronarse. En primer lugar, fue abolido el cargo de *Fermier*

Général el 20 de marzo de 1791, por lo que volcó su carrera en la Academia, de la que fue nombrado tesorero en diciembre de 1791. Cuando se congelaron los presupuestos, él adelantó de su bolsillo las sumas necesarias para los sueldos de los académicos. Pero la Convención decretó su disolución el 8 de agosto de 1793, y aunque Lavoisier intentó salvarla, sus esfuerzos fueron vanos (Bensaude-Vincent, 1991; Poirier, 1996).

El 24 de noviembre de 1793 la Convención emitió un decreto de arresto contra los antiguos *Fermiers Généraux*, y exigió la rendición de las cuentas de la *Ferme Générale*. Cuando fueron a detenerle, Lavoisier no se encontraba en su casa, y se escondió durante varios días en el edificio de la ya disuelta Academia de Ciencias. Sin embargo, el 28 de noviembre, Lavoisier se presentó voluntariamente junto con su suegro, Jacques Paulze, en el antiguo

convento de *Port Royal*, que a partir de la revolución se convirtió en prisión y tomó el nombre—ironía cruel—, de *Port Libre*.

La instrucción del proceso duró cinco meses, y el 8 de mayo de 1794, el Tribunal revolucionario juzgó a 32 *Fermiers Généraux*, a los que acusó de malversación de fondos, beneficios excesivos, gratificaciones abusivas, retrasos injustificados en los pagos al Tesoro público, y además, de haber realizado un importante fraude en el comercio del tabaco. La estafa consistía en humedecer el tabaco para que pesara más, y este hecho les había llevado a aumentar sus beneficios de forma considerable. Pero la acusación más grave a la que tuvieron que enfrentarse era la de haber utilizado estos beneficios en auspiciar (Poirier, 1996):

"Un complot contra el pueblo francés que tendía a favorecer por todos los medios posibles el éxito de los enemigos de Francia".

Veintiocho de los *Fermiers* fueron condenados a la guillotina y ejecutados ese mismo día, y se confiscaron todos sus bienes. Lavoisier fue el cuarto en subir al patíbulo, y su brillante carrera de químico, de biólogo, de financiero, de industrial y de economista quedó truncada de forma trágica.

Al día siguiente de la muerte de Lavoisier, al saberse la noticia, Joseph Louis Lagrange (1736-1813), célebre matemático francés de origen italiano, autor de su discurso fúnebre, dijo: "Ha bastado un momento para cortar esta cabeza, y tal vez no bastará un siglo para producir otra igual" (Alfonseca, 1998).

¿Eran los políticos revolucionarios insensibles al trabajo científico? De ningún modo, porque entre ellos estaban presentes varios sabios, algunos muy próximos a Lavoisier, como Carnot, Fourier, Monge o Guyton de Morveau, primer presidente del Comité de Salud Pública. Pero ninguno de ellos movió un dedo para ayudarlo después de su arresto, y parece que Lavoisier se sentía más unido a sus colegas de la *Ferme* que a ellos.

Sin embargo, también existieron colaboradores de Lavoisier que osaron protestar por su detención, como sus compañeros de la Oficina de consulta de artes y oficios, los de la Comisión temporal de pesos y medidas, los de la Comisión de moneda, o sus colegas de la *Régie des poudres et salpêtres*. Paradójicamente, algunos de sus valedores habían sido sus más duros opositores en la polémica contra el flogisto.

¿Porqué sus más estrechos colaboradores en la batalla del flogisto no acudieron en su defensa? Las últimas investigaciones muestran que, dejando de lado aspectos como el miedo a las represalias o la lealtad a la revolución, el hecho de que la Academia fuera disuelta había debilitado mucho las relaciones de Lavoisier con sus colegas, que fueron arrastrados por la vorágine política del momento.

A partir de su ejecución, Lavoisier fue mitificado, y sobre todo a lo largo del siglo XIX, convertido en un ídolo, en un instrumento utilizado para la mayor gloria de la química y de Francia. Los homenajes póstumos se sucedieron sin cesar, así como las publicaciones elogiosas sobre su persona y su obra. Todas ellas colaboraron a crear un mito, y en cierto modo, a distorsionar la auténtica imagen del científico francés (Bensaude-Vincent, 1991).



Figura III: Pintura al óleo de Lavoisier, realizada en el taller del pintor Louis David, según el único retrato auténtico del químico francés, que fue realizado por el propio David en 1788. Cuando falleció el artista, el cuadro fue adquirido en 1825 por el químico Raspail (Scheler, 1964).

EPÍLOGO

Antoine-Laurent de Lavoisier desarrolló a lo largo de su vida una muy variada gama de actividades, pero fue su contribución a los progresos de la química lo que le ha proporcionado fama inmortal. El triunfo de su doctrina no consistió solamente en la lucha de un pequeño grupo de adeptos perfectamente entrenados contra el flogisto, sino que, ayudado por el prestigio y la publicidad que le aseguraba la Academia, cultivó un amplio espectro de materias. En todos los campos en los que trabajó, Lavoisier aplicó los principales ideales ilustrados: derrotó a la tradición, normalizó el lenguaje, explotó los recursos de la métrica e hizo construir costosos instrumentos para poner de su lado a la evidencia experimental. Erigió a la balanza como testigo privilegiado de su metodología, y convocó a la filosofía de Condillac para constituir al análisis como portavoz de la Naturaleza. Al utilizar todos estos registros, actuó como líder de una revolución, y por ello se puede afirmar que se le debe la creación del "año I" de la química moderna, si se emula el intento de la revolución de elaborar un nuevo calendario que controlara el tiempo de una manera completamente diferente a la tradicional.

El acto inaugural de este proceso de

cambio sería la famosa experiencia de 1772, y su culminación, la formación de un nuevo sistema teórico en el *Traité élémentaire de chimie* de 1789. La intervención de Lavoisier modificó una de estas ramas —la tradición del flogisto y de los elementos / principios—, pero dejó libres otras muchas que se desarrollaron gracias al trabajo de otros científicos, como el estudio de las sales realizado en Alemania por Wenzel y Richter, o la química newtoniana de las afinidades que acometió Berthollet.

Se puede afirmar por lo tanto que Lavoisier "fundó" la química moderna, porque supo captar y canalizar los diferentes cursos de conocimientos que la conformaban. Su genialidad consistió sobre todo en hacer que esta ciencia, que después de Stahl avanzaba por un terreno sin fronteras entre los tres reinos de la naturaleza —animal, mineral y vegetal—, encontrara un territorio propio en el laboratorio, que se convirtió en el hábitat natural del químico (Bensaude-Vincent, 1993).

En segundo lugar, el trabajo de Lavoisier es un ejemplo perfecto para mostrar cómo la ciencia es una actividad humana muy compleja vinculada a los valores culturales, sociales e individuales, y no sólo un simple conjunto de conocimientos útiles para intervenir experimental y técnicamente en el mundo. Por esta razón un mismo hecho (la combustión, la calcinación, la respiración...) ha sido interpretado a lo largo de la Historia de maneras muy diferentes, sin que ninguna de ellas pudiera ser considerada "falsa". Así se puede afirmar que los denominados "experimentos cruciales" han dependido en gran medida de los recursos instrumentales y lingüísticos de los que disponía el experimentador, de los objetivos que perseguía, y del apoyo de las instituciones y de los centros de poder que sustentaban su trabajo. Si hubieran cambiado estas condiciones, muy probablemente los descubrimientos científicos no se hubieran producido en el momento en que lo hicieron.

Desde este punto de vista, las grandes figuras de las ciencias —como Lavoisier— se desmitifican, al valorar la importancia del grupo social y de los valores culturales en el que realizaron su trabajo. También por ello se concede más importancia a las aportaciones de las minorías en el desarrollo científico, como por ejemplo, la participación de

las mujeres, cuya labor ha estado condicionada por diferentes factores, como la maternidad o el papel social que tenían asignado. El caso de Marie Anne-Pierrette Paulze, esposa de Lavoisier, es revelador.

La ciencia se presenta ahora de manera menos triunfalista, más humana y más próxima a la actividad cultural y política. Sirve para transformar la realidad, intervenir en el mundo y construir conocimiento, pero a la vez

es una forma de cultura. No es una forma autónoma de saber, sino que está interrelacionada con otras actividades sociales, y por ello debe estar impregnada de valores (Izquierdo, 1998).

BIBLIOGRAFÍA

ALFONSECA, M., *Grandes científicos de la humanidad*. Espasa - Calpe, S. A., Madrid, 1998, tomo I.

BENSAUDE-VINCENT, B., "Lavoisier: Una revolución científica". En M. Serrés, *Historia de las ciencias*. Cátedra, Madrid, 1991, pp. 410-435.

BENSAUDE-VINCENT, B., *Lavoisier. Mémoires d'une révolution*. Flammarion, Paris, 1993.

BRANCHI, A., *Historia de la ciencia y de la tecnología. El siglo de las luces*. Editorial Editex, Madrid, 1999.

BROCK, W.H., *Historia de la química*. Alianza Editorial, Madrid, 1998.

CARTWRIGHT, J., *Del flogisto al oxígeno. Estudio de un caso práctico en la revolución química*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, Tenerife, 2000.

GAGO, R., *Antoine Laurent de Lavoisier. Tratado elemental de química*. Edición facsímil con introducción, traducción y notas. Ediciones

Alfaguara, Madrid, 1982.

GAGO, R., "Estudio preliminar", en P. Gutiérrez Bueno, *Método de la nueva nomenclatura química. Propuesto por M.M. de Morveau, Lavoisier, Bertholet, y de Fourcroy, a la Academia de Ciencias de París, y traducido al castellano por D. Pedro Gutiérrez Bueno, profesor de química en el Real Laboratorio de Madrid, &c. &c.* Madrid, Antonio de Sancha, 1788. Edición facsímil editada por la Fundación Ciencias de la Salud, Madrid, 1994.

IHDE, A.J., *The development of modern chemistry*. Dover Publications Inc., New York, 1984.

IZQUIERDO I AYMERYCH, M., "Relacions entre la història de les ciències i la didàctica de les ciències". En Resums. V Trobades d'Història de la Ciència y de la Tècnica. Tortosa, Observatori de l'Ebre, 11-13 de desembre de 1998, pp. 18-28.

IZQUIERDO I AYMERICH, M., *et al.*, *Lavoisier i els orígens de la química moderna, 200 anys després*

(1794-1994). *Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, 1996.

MORENO GONZÁLEZ, A., *Una ciencia en cuarentena*. La física académica en España (1750-1900). CSIC, Madrid, 1989.

PARTINGTON, J.R., *A History of Chemistry*. Macmillan, London, 1961-70, 4 vols.

POIRIER, J.P., *Lavoisier, chemist, biologist, economist*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1996.

PUERTO, J., *El hombre en llamas. Paracelso*. Nivola, Tres Cantos (Madrid), 2001.

ROMÁN, P., *El profeta del orden químico. Mendeléiev*. Nivola, Tres Cantos (Madrid), 2002.

SCHELER, L., *Sabios del mundo entero. Lavoisier*. Ediciones Cid, Madrid, 1964.

SOBOUL, A., *Compendio de la historia de la revolución francesa*. Tecnos, Madrid, 1975.