

# Antoine Laurent Lavoisier. El revolucionario

Aníbal Bascuñán Blaset\*

## ABSTRACT (Antoine Laurent Lavoisier. The revolutionary)

The versatile, the chemist and the public man are the three facets of Lavoisier that are covered in this paper. In the first one, the diversity of its occupations is remarked and his orally or written attacks and denunciations to all what he believed out of fashion, considered by him as few scientific or dangerous to the nation. The second facet, the largest in this paper, contains the most impressive chemical work of him, considered as the most revolutionary chemist ever borne. The public man facet explains his ending in the gallows.

**KEY WORDS** Lavoisier, revolutionary, versatile, chemist, public man

*Éste es el último trabajo que escribió el profesor Bascuñán, de origen chileno. Le rendimos tributo con su publicación y reiteramos la necesidad de que aparezcan autores para la sección HACE X AÑOS, en la que Aníbal nos empezaba a acostumbrar con su ingenio y buena escritura. Que descansan en paz.*

## Un primer acercamiento a Lavoisier. El polifacético

Abordó problemas muy diversos en el laboratorio, y atacó y denunció, en sus presentaciones orales o escritas, cuanto creyó que era anticuado, por considerarlo poco científico o porque perjudicaba a la nación francesa. Sus incursiones por el campo de las recaudaciones de impuestos lo llevaron a plantear cambios revolucionarios en la agricultura y a proponer leyes de protección (seguros) para los campesinos.

Antoine Laurent de Lavoisier proviene de una familia humilde. Uno de sus antepasados fue postillón del Rey. El padre de Lavoisier, un abogado, fue a vivir a París como Procurador del Parlamento. A lo largo de más de un siglo esta familia había alcanzado su ascenso hasta las clases dominantes de la sociedad francesa (Leonard, 1945: pp. 247-248; Berthelot, 1945: pp. 20-21; Stillman, 1960: pp. 513-519).

Antoine Laurent nace el 26 de agosto de 1743. A los 17 años recibe el gran premio de elocución francesa en retórica. Escribió ensayos literarios, dramas y temas de concurso propuestos por academias de las provincias. Se recibe de abogado en el Parlamento en 1764 (Leonard, 1945: p. 249).

Posteriormente se inclinó por las ciencias naturales. Toma clases con eminentes maestros, como el químico Rouelle (Leicester, 1961: p. 132; Brock, 1993: p. 89). A los 20 años inició sus observaciones sobre meteorología y barometría. Interesado por los misterios de la combustión y la calcificación,

participa en un concurso "Sobre los diferentes medios que pueden emplearse para iluminar una gran ciudad". Se le honró con una medalla de oro. Se dice que al acercarse a este apasionante campo de la ciencia es cuando a él le vienen las inquietudes por iniciarse en la ciencia y un amigo de su padre, Jean Etienne Guettard, discípulo de Reaumur, le despertó el interés por las ciencias de la tierra, y fue él quien le aconsejó que tomara los cursos de Rouelle como él, gran apasionado por la geología.

Con Guettard, su maestro de geología (Brock, 1993: p. 89), hizo un viaje por los Vosgos, Alsacia y Lorena, y tres años después en —1780— publicaron un *Atlas Mineralógico de Francia*. En el *Atlas geológico* publicado por Monet en 1780, formado por 45 mapas, Monet reconoce la participación de Lavoisier en sólo 16 de ellos. ¿Qué había ocurrido? Lavoisier estaba insistiendo en sus planteamientos sobre la estratigrafía, hipótesis con la que se revolucionaba el pensamiento científico en esa área. Gohau muestra a un Lavoisier revolucionando con sus ideas los enfoques en el estudio de la geología, todo ello logrado en parte con las observaciones hechas en el terreno en sus múltiples viajes realizados a diferentes regiones de Francia entre los años 1763 y 1771 (Stillman, 1960: pp. 513-516).

Este interés por la geología lo llevó al campo de la química. Se dedicó al estudio de los yesos de los alrededores de París y en 1765 publicó los análisis realizados.

A los 25 años fue incorporado a la Academia de las Ciencias de Francia como adjunto, lo que constituyó una excepción a las reglas. A partir de 1768 participó activamente en la Academia, en la que llegó a presentar más de 200 informes de diferentes temas con diversa amplitud y profundidad.

En esa misma época se incorporó a las "fermes", en donde demostró ser un hombre suave, prudente y muy despierto para los negocios. Lo hizo como adjunto del recaudador general Boudon (Broca, 1993: p. 92). Figuró como pensionario a partir de 1778. Hacia 1779 llegó a ser recaudador titular, cargo en el que destacó ampliamente.

\* Facultad de Química UNAM, 04510, México, DF.

Recibido: 20 de agosto de 2007; aceptado: 11 de noviembre de 2007.

En los 23 años de trabajo en las *fermes* viajó mucho, haciendo revisiones de inspección, y sus observaciones le permitieron proponer cambios en su administración. Es así como hizo contacto con la producción de salitre para la fabricación de pólvora. Y al mismo tiempo, en lo privado, en 1778 compró una propiedad agrícola en Frechines donde empieza a hacer novedosos ensayos sobre el cultivo de la tierra.

Dedicaba seis horas diarias a la ciencia: de 6 a 9 am y de 7 a 10 pm. En todas sus actividades recibió el apoyo de su esposa Marie Anne Pierette Paulzen, con quien se casó teniendo él 28 años y ella 14. Madame Lavoisier atendía la correspondencia, el trabajo en el laboratorio, la redacción e ilustración de las obras publicadas, y a los frecuentes visitantes que recibía de todo el mundo científico de Europa, porque sus profundas y perspicaces observaciones estaban a disposición de los hombres de ciencia que quisieran utilizarlas. Gracias a su gran fortuna tenía un excelente equipamiento, incluyendo las mejores balanzas que se habrían fabricado hasta la fecha (Leonard, 1945: p. 252; Brock, 1993: pp. 92-93).

Se apoyaba en un nutrido cuerpo de secretarios que le ayudaban tanto en los negocios del Estado como en los propios. También se daba tiempo para aconsejar a quien se lo pidiera, en los más variados negocios o asuntos civiles o de Estado. Ofrecía conferencias de mucho peso por su contenido, las que podían ser señeras de cambios muy fuertes, a veces revolucionarios.

### **Un segundo acercamiento. Lavoisier el químico**

Dedicaremos los siguientes párrafos a Lavoisier el químico, presentando sus trabajos más conocidos, desglosándolos cuando se considere necesario o simplemente mencionándolos como al pasar, lo que no excluye que en un tercer acercamiento se mencionen otros trabajos que por su ubicación histórica así lo aconsejen.

Uno de estos trabajos se refiere a la conservación de la materia. Recordemos que en sus obras Bolos de Mendes menciona la *transmutación de los metales*, señalando al menos tres métodos para hacerlo (Lockemann, 1960: pp. 28-29; Merino, pp. 16-19). Estas ideas se mantuvieron por unos 20 siglos, en parte porque coincidían con la idea de la reencarnación. El sueño de un alquimista era la transmutación del modesto plomo en oro. Otros alquimistas pensaban que el plomo podría sufrir purificaciones sucesivas hasta llegar al oro. Hubo gobernantes de diferentes tiempos y lugares que prohibieron la práctica de la alquimia e incluso hubo casos en que ordenaron quemar los textos de alquimia, ya que si lograban fabricar oro sus reservas perderían gran parte de su valor. Junto con estos conceptos, y apoyándose quizás en los conceptos de Aristóteles acerca de los elementos químicos y su génesis, surgió entre los alquimistas la idea de la creación y la transmutación de la materia (Taylor, 1954: pp. 18-23 y 31-38).

Los alquimistas admitían que se formaba materia, porque en los recipientes en que se hervía agua o se hacían reacciones aparecían residuos en el fondo.

Lavoisier decidió aclarar esto. Para ello recurrió a sus balanzas. Midió un volumen de agua y lo colocó en un equipo,

previamente pesado. Hizo hervir el agua a reflujo durante 101 días. Finalmente la destiló, la midió y la pesó. No había variado ni en volumen ni en masa. Pesó el matraz que contenía un depósito polvoriento, y obtuvo la misma masa que al inicio del experimento. Demostró que el residuo provenía de las paredes del matraz de vidrio.

Con el experimento anterior, y poniendo a sus balanzas como testigos, demostró aquello que ya se decía: "*nada se pierde y nada se crea*". Boyle había hecho este mismo experimento y expresado que después de 200 destilaciones una onza de agua dejaba seis dracmas de tierra. Por su parte Boerhaave (Stillman, 1960: pp. 431-435) demostró que el agua permanece inalterable ya que no cambia de naturaleza durante las destilaciones.

En 1770 y a los 27 años de edad había corroborado cuantitativamente lo hecho anteriormente por los químicos más reputados de Europa.

Hay algo llamativo en sus comunicaciones, que lo distinguen de otros investigadores, pero que lo acercan mucho a Descartes con su *Discurso del Método*, y es que no trabaja al azar. No es el azar o la casualidad lo que orienta sus trabajos, En ellos se fija un propósito bien definido. Es así como el 20 de febrero de 1772 en uno de sus registros de laboratorio expresa:

"Antes de comenzar la larga serie de experiencias que me propongo realizar sobre el fluido elástico que se desprende de los cuerpos ya por fermentación, por destilación o por las diversas combinaciones, así como sobre el aire absorbido en la combustión de gran número de sustancias, creo que debo formular aquí algunas reflexiones por escrito, para formarme ante mí mismo el plan que debo seguir" (Berthelot, 1945: p. 52).

Luego fija su marco referencial, hace una revisión bibliográfica y un análisis crítico de lo logrado por quienes le precedieron en este campo, dejando constancia de que por numerosas que sean las experiencias de ellos sobre el tema, "no serán nunca suficientemente profundas como para establecer una teoría completa" (Berthelot, 1945: p. 53). En tal sentido expresa que: "a mi parecer (este trabajo) está llamado a provocar una revolución en el terreno de la física y la química". Decide que debe repetir más acuciosamente sus trabajos y los de los diferentes autores que le precedieron a fin de llegar a formular una teoría que esté bien fundamentada.

En 1774 publicó su primera obra *Opúsculos Físicos y Químicos*, en el que dedica la mitad del volumen al análisis de las experiencias de Black y Priestley, sobre "el aire fijo" o "aire fijado", el "aire silvestre" de van Helmont. En la segunda parte presentó la experimentación propia sobre la calcinación de los metales, la reducción de las sales metálicas (óxidos) y sobre la combustión del fósforo.

Recordemos a Boyle calcinando el estaño en sistema cerrado, ayudándose con una lupa que concentra los rayos solares. Ha pesado el sistema. Hace el experimento. Deja entrar aire y observa un aumento de peso. Lavoisier pesa el sistema cerrado,

do antes y después del experimento de calcinación (formación de la cal), y luego vuelve a pesar cuando ha entrado el aire. Aunque encuentra una pequeña diferencia, el aire absorbido en la calcinación pesa 1/18 más que el aire que entró al sistema después de enfriado. Para justificar esta diferencia hay que recordar lo establecido en los minuciosos estudios de Cavendish acerca de la composición del aire. Dejo a ustedes la reflexión para explicar por qué se da esta pequeña diferencia.

Lavoisier concluyó que la calcinación implicaba la combinación de los metales con una porción del aire. Esto se contraponía con la teoría del flogisto de Stahl. Lo que para Stahl y los partidarios de la teoría del flogisto, esta entelequia, el proceso es meramente mecánico, un proceso físico, para Lavoisier éste es un fenómeno propiamente químico. Sin embargo esto no le dio la confianza suficiente para rebatir definitiva y abiertamente a la teoría del flogisto. Aún más, en 1774 comentó cautamente en un estudio que el carbono tiene una doble finalidad: “la de devolver al metal el principio inflamable que perdió y la de dar, al fluido elástico fijado en la cal metálica, el principio que constituye su elasticidad”, y prudentemente agrega: “Sólo el tiempo y la experiencia podrán fijar nuestras opiniones” (Berthelot, 1945: pp. 57-58).

Lo hizo sólo en 1783, cuando hubo acumulado mayor número de pruebas experimentales acerca de esta teoría. En sus *Reflexiones sobre el flogisto* hizo una crítica más fuerte al mismo.

Regresémosnos un poco a los trabajos sobre el carbono y la conservación de la materia. Durante la Edad Media los alquimistas habían hecho experimentos maravillosos: ponían un diamante sobre una hornilla, avivan el fuego, y el diamante desaparecía ante los ojos atónitos de la nobleza allí presente y la mirada orgullosa del dueño de casa por haber ofrecido el sorprendente espectáculo. Lavoisier repitió esto bajo una campana, recogió los gases sobre agua de cal, la que se enturbio, y haciendo todas las mediciones demostró que el diamante no desaparecía, sino que se producía un gas similar al “gas silvestre” de Van’t Helmont y al “aire fijo”, o “aire fijado” del Dr. Black (Leicester, 1961: 140-143). Lavoisier determinó entre 1775-6 la proporción de carbono y oxígeno presente en este gas (Hilditch, 1922: p. 19).

Éste y otros experimentos con carbón y sus derivados, y sus reflexiones acerca de la combustión y sus inquietudes por saber qué eran los ácidos, le iban proporcionando bases sólidas no sólo para corroborar la ley de conservación de la materia sino para ir definiendo en su mente su teoría de la oxidación y sus ideas acerca de los compuestos binarios obtenidos en la combinación de un elemento con un “principio acidificante”, al que en 1776 le dio el nombre de “oxígeno, engendrador de ácidos” (Leonard, 1945: p. 264; Lockemann, 1960: pp. ii-6).

En 1777 presentó a la Real Academia Francesa de Ciencias sus *Experimentos acerca de la respiración de los animales*. En ellos, Lavoisier expuso que la respiración de los animales es una función muy singular, cuya suspensión expone al animal al peligro de muerte inmediata. Hace una cita de los trabajos de Hales y de Priestley, el cual:

“Ha dado a la estampa un tratado en el cual amplía mucho las fronteras de nuestros conocimientos; se propone demostrar, con gran número de experimentos ingeniosos, sutiles y de gran novedad, que la respiración de los animales tiene la propiedad de flogisticar el aire, de modo semejante a como lo hacen la calcinación de los metales y muchos otros procesos químicos, y que el aire deja de ser respirable hasta que se recarga o al menos se satura de flogisto”.

Luego describió varios experimentos realizados por él mismo bajo un plan previamente concebido, en los que corroboró mucho de lo expresado por Priestley. Y luego agregó:

“Es posible, por ende, que la respiración tenga la misma propiedad, y que el aire deflogisticado (rico en  $O_2$ ) que entra en los pulmones salga de ellos convertido en aire fijo ( $CO_2$ )... ¿No seguirá, ...que esta especie pura de aire tiene la propiedad de combinarse con la sangre...y le da a ésta su color rojo?” (Moulton y Schiffers, 1986: pp. 215-218; Dampier, 1972: p. 149).

En trabajos realizados con Laplace demostró que la vida animal implica un proceso de oxidación en que el carbono y el hidrógeno se convierten en dióxido de carbono y en agua, respectivamente (Dampier, 1972; p. 292).

En sus estudios sobre el aire, Lavoisier puso en evidencia que Boyle, Hooke, Lower, Priestley y Cavendish tenían razón en cuanto a que el aire no es homogéneo, que consta al menos de dos clases de aires o fluidos. Asimismo en sus estudios dejó en claro que la parte activa del aire...“es el gas que se combina con los metales dando cales, y con carbono, fósforo, nitrógeno y azufre para formar óxidos, los que disueltos en el agua forman ácidos”. Es por tal razón que al oxígeno lo considera el principio acidificante de los ácidos. Todo lo ha establecido tras largos estudios experimentales acerca de cada uno de ellos. Ideas que surgen poco a poco, que se filtran en sus trabajos y que llegado el momento se convierte en el eje conductor de nuevas investigaciones en que profundiza lo hecho anteriormente. Se observa que Lavoisier se plantea hipótesis acerca de diversos temas, y con un auténtico rigor científico, las madura largamente, es decir, se las replantea a la luz de nuevas búsquedas y descubrimientos.

Rompiendo el hilo de esta presentación, recordemos el *experimento de Lavoisier* (Freund, 1968: pp. 50-57). Lavoisier fue informado, en una de sus célebres cenas, por el propio Priestley, de su descubrimiento del “aire flogisticado” (Jaffe, 1949: pp. 105-107). Priestley había puesto un polvo rojo de cinabrio (óxido de mercurio) en una retorta tubulada, conectada a una cuba neumática de vidrio. Al calentar fuertemente el cinabrio mediante los rayos de la luz concentrados con una lente de aumento de 30 centímetros de diámetro, observó el desprendimiento de un gas y el depósito en las paredes de gotas de mercurio. Cuando hubo llenado el tubo con el aire así obtenido, se le ocurrió introducir una vela encendida que tenía a mano, tal como lo hacía con el aire flogisticado (anhí-

drido carbónico). Grande fue su sorpresa cuando vio que la vela ardía violentamente. Puso animales pequeños en campanas llenas de este aire y vio que podían vivir en ese ambiente, a diferencia de lo que ocurría con el aire flogisticado, en el cual morían y la vela se apagaba. Inhaló este aire y se sintió muy bien y sospechó que podría usarse con enfermos que tuvieran dificultades para respirar. Priestley lo consideró como un aire más perfecto. Lavoisier montó un equipo semejante al de Priestley sobre una hornilla. En la retorta tubulada puso mercurio. Todo perfectamente pesado con sus famosas balanzas. Calentó la retorta. Observó la aparición del polvo rojo (óxido de mercurio). Al mismo tiempo observó un descenso del mercurio en la cubeta y su ascenso dentro del tubo invertido. El calentamiento se hizo durante 12 días, y no lo siguió haciendo al observar que no había cambios en la altura del mercurio. Consideró que ya no había más reacción entre el mercurio y el aire contenido en el sistema. Pesó todos los componentes. Llegó a la conclusión de que había una parte activa del aire, la que se combinaba con el mercurio formando una cal roja de mercurio, y que el volumen de aire desaparecido se había incorporado al metal caliente. Después repitió el experimento de Priestley, y recuperó el aire y el mercurio desaparecidos. También recuperó el mercurio calentando una mezcla del óxido con carbón en polvo, y recuperando además, aire flogisticado (Lockermann, 1960: pp. 126-129).

¿Por qué se destaca tanto este experimento en la enseñanza? Esto se debe a que en un solo experimento muy bien planeado y ejecutado se ha demostrado la ley de conservación de la materia, y que las cales, lejos de ser “lo que queda de un metal” por haber perdido el flogisto, son el producto de la unión de un metal con una parte activa del aire. Corroborado lo que había informado Cavendish en cuanto a que había dos clases de aire mezclados en proporción bien definida. Lavoisier avanzó en la interpretación del fenómeno y señaló que hay dos elementos mezclados o bien combinados. Eso sería el aire, mezcla o combinación de dos elementos (Leonard, 1945: p. 263).

Las conclusiones de Lavoisier en relación con la formación de las cales y de sus estudios acerca del aire le llevan a decir en 1774:

“Creo poder afirmar que el aire más puro que pueda imaginarse, despojado de toda humedad y de toda sustancia extraña, lejos de ser un elemento simple... debe ser clasificado... en la clase de los mixtos” (Berthelot, 1945: p. 61).

Otro descubrimiento importantísimo es el del agua, como un producto de la combinación del hidrógeno con el oxígeno. Los alquimistas habían observado el desprendimiento de un aire o gas cuando un ácido actuaba sobre un metal. Cavendish hacia 1767 redescubre al hidrógeno. Una parte del metal genera la cal y la otra ese aire flogisticado (agua). Lavoisier en Marzo de 1774 anota que:

“...la inflamación del aire inflamable (hidrógeno) no era sino una fijación de una parte del aire de la atmósfera. En

toda inflamación de un cuerpo expuesto al aire, debería haber aumento de peso” (Berthelot, 1945: p. 106).

En abril de 1775 se pregunta acerca de lo que queda cuando el aire inflamable ( $H_2$ ) arde por completo. Hizo experimentos para ver si el producto de la combustión reaccionaba con el agua de cal: pero no hubo precipitado. Tampoco tuvo éxito en ensayos realizados en 1781. Lavoisier esperaba la formación de un óxido ácido. Warrlure, un físico inglés de esa época, mezcló aire e hidrógeno en un eudiómetro, observó la formación de gotitas pero no lo asoció con la reacción ocurrida. En 1783 Cavendish experimentó en un eudiómetro y comprobó que el peso de los cuerpos participantes no variaba. Sólo se había depositado un abundante rocío en las paredes del eudiómetro.

En abril de este año S. Watt, en carta dirigida a Priestley le da cuenta de cómo se forma el agua, pero tuvo temor de expresarlo (Berthelot, 1945: pp. 115-117).

El 24 de junio de 1783, Lavoisier repitió los experimentos acerca de la combustión del hidrógeno ante varios sabios de la época, y el 25 de junio del mismo año en los registros oficiales de las sesiones de la Academia de las Ciencias se lee:

“Sesión del miércoles 25 de junio de 1783.

Los señores Lavoisier y Laplace anunciaron que habían repetido últimamente, en presencia de varios miembros de la Academia, la combustión del aire combustible combinado con el aire desflogisticado. Se emplearon alrededor de sesenta pintas<sup>1</sup> de esos dos aires y la combustión fue realizada en recipiente cerrado. Se obtuvo como resultado agua muy pura” (Berthelot, 1945: p. 110).

Más adelante, Monge comunicó que utilizó cantidades medidas de hidrógeno y de oxígeno y que el agua resultante estaba formada por la suma de los pesos de sus componentes. En estos trabajos fue asistido por Simon Laplace (1749-1827) (Brock, 1993: pp. 110).

En cuanto a la interpretación de los resultados se observa un alto nivel de confusión, incluyendo los dados por Lavoisier, ya que todos “saben” que el agua es un elemento. En el lenguaje actual diríamos que no podían avanzar porque las preconcepciones acerca del agua como un “elemento” actuaban como una barrera, y otro tanto provocaba la teoría del flogisto.

Posteriormente, Lavoisier dio cuenta de la formación de agua al hacer la reducción de los óxidos metálicos con hidrógeno (Hilditch, 1922: p. 24). En este mismo año asegura que el alcohol y el ácido carbónico producido en la fermentación del azúcar proviene sólo de esta sustancia (Hilditch, 1922: p. 157).

En esos mismos años, 1783 a 1784, trabaja con Meusnier en la acción del agua sobre el hierro calentado al rojo vivo. Hicieron pasar vapor de agua sobre el hierro al rojo. Con esto se tenía un método continuo para producir hidrógeno. Ahora

<sup>1</sup> Una pinta inglesa = 0.688 L.

obtenían grandes volúmenes de hidrógeno para llenar globos aerostáticos. Con esto quedaba demostrado que el agua podía descomponerse y que la formación del óxido era posible gracias al oxígeno del agua (Berthelot, 1945: 113). Quedaba asentada la teoría de la oxidación (Freund, 1968; pp. 26, 51, 59). Sin embargo, la lucha para imponer las nuevas ideas duró alrededor de dos décadas (Lockemann, 1960: pp. I, 151 y II, Cap. V, 2-8).

En los esfuerzos para que se aceptara la nueva teoría acerca de la oxidación, Lavoisier pidió a su esposa que tradujera una obra del inglés Kirwan publicada en 1784 con el nombre *Ensayo sobre el flogisto y la constitución de los ácidos*. En esta obra se incluían las críticas presentadas por investigadores de gran peso, como La Matherie, Priestley, Landriani, Sennebie, Baumé, Westtrumb, Green y otros más.

En 1775 Lavoisier había lanzado un ataque a la teoría del flogisto en un ensayo. Expresaba que aunque muchos procesos y conceptos son susceptibles de ser explicados con el “flogisto”, subsistía la improbabilidad de que existiera. De allí concluyó:

“todas estas reflexiones confirman cuánto he avanzado, qué es lo que debo probar (1773) y qué es lo que debo volver a repetir. Los químicos han hecho del flogisto un principio vago, que nos ha definido estrictamente y que consecuentemente explica todo lo que se le pide explicar. A veces tiene peso, a veces no lo tiene; a veces es un fuego puro, a veces es fuego combinado con una tierra; a veces pasa por los poros de un vaso, a veces éstos son impenetrables a él. Explica al mismo tiempo la causticidad y la no-causticidad, la transparencia y la opacidad, el color y la ausencia de color. (El flogisto) es un verdadero Proteo que cambia su forma a cada instante” (Brock, 1993: pp. 111-112).

Madame Lavoisier hizo la traducción de la publicación de Kirwan en 1788 y su marido agregó refutaciones, basadas en la experimentación cuantitativa, a cada una de las objeciones hechas a su teoría por los diferentes autores mencionados en esa obra. Lavoisier repitió muchos de los experimentos e incorporó otros. Esto es especial para el caso de Landriani. En sus notas aparecen las *Experiencias para la conversión del Señor Landriani*.

Kirwan leyó el trabajo de los esposos Lavoisier y en junio de 1791 le escribió a Berthollet: “Finalmente, depongo las armas y abandono el flogisto: sin experiencias decisivas no podemos sostener un sistema contra hechos probados. Yo mismo daré una refutación de mi ensayo sobre el flogisto”. Berthollet, Monge y Guyton habían colaborado con Lavoisier en la refutación anterior. Landriani anunciaba también su abandono de la doctrina del flogisto Joseph Black (1728-1799) lee las traducciones hechas al inglés en 1789 del *Traité élémentaire de Chimie présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes* (París, 1789) y públicamente declara, que acepta los revolucionarios cambios introducidos por Lavoisier (Lavoisier, 1990: vi-xxx).

Black escribió a Lavoisier para comunicarle que abandonaba la teoría del flogisto para “unirse a los seguidores de la teoría de la oxidación” (Berthelot, 1945: pp. 132-133).

En cuanto a la constitución de la materia, Boyle en su artículo *El químico escéptico* dio una definición operativa (Brock, 1993: 54-7), o como lo expresara posteriormente Lémery cuando señala que “Sólo se entiende por principios de química las sustancias tan separadas y divididas como pueden permitirlo nuestros débiles esfuerzos” (Dampier, 1972: p. 168).

Lavoisier precisa:

“Si con la denominación de elementos queremos designar las moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que no las conozcamos; si, por el contrario, damos el nombre de elemento o principio de los cuerpos a la idea del último término a que llega el análisis” (Berthelot, 1945: pp. 135-136).

Vemos pues que su concepción de la química va ligada a los análisis y síntesis de la materia, como uno de los fines de esta nueva ciencia que él está ayudando a fundamentar, si es que no a fundar o refundar. Hay que recordar que también incursionó en el campo de la química orgánica en la que introdujo la oxidación total de las sustancias orgánicas haciéndolas pasar sobre óxido de cobre recalentado. Como los productos que obtuvo fueron agua y anhídrido carbónico pudo expresar que los alcoholes, los ácidos grasos, los aceites y otras sustancias combustibles estaban formadas por carbono e hidrógeno y eventualmente por oxígeno, posteriormente agregaría el nitrógeno (Dampier, 1972: p. 292)

Incursionó también en el campo del calor y rebatió, basándose en sus investigaciones, algunas de las concepciones que tenían los partidarios del flogisto (Leicester, 1961: p. 203).

Ya antes del siglo XVII aparecen críticas a los nombres que los alquimistas dan a productos bastante bien caracterizados. Al aumentar la cantidad de productos “la necesidad de una nomenclatura química sistemática se hizo sentir desde distintas formas...” (Crosland, 1998: pp. 139-155)

Morveau trabajó en colaboración con Bergman. Al fallecimiento de éste, se produce el acercamiento a Fourcroy y Lavoisier. En 1787 es publicado el *Méthode de nomenclature chimique* (1787) por Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1822), Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), Antoine-François Fourcroy (1755-1809) y Claude-Louis Berthollet (1741-1822). En esta obra Lavoisier expresa: “Ya es tiempo de liberar a la química de obstáculos de todo tipo que retrasan su progreso y de introducir en ella un nuevo espíritu de análisis; hemos probado de manera suficiente que esta reforma debe llevarse a cabo mediante un perfeccionamiento en el lenguaje” (citado por Crosland, 1998: pp. 157, 205, 236). Su obra, publicada en 1787, desencadenó una fuerte controversia en todos los países de Europa, por cuanto en ella Lavoisier menciona al oxígeno como el portador de las propiedades ácidas (Bensaude-Vincent, 1997: pp. 347).

Con relación al término “el revolucionario” que se ha aplicado en el título de este artículo, basta decir que Thomas Kuhn (1970) lo propone como quien encabeza la revolución científica de la química en su obra *La estructura de las revoluciones científicas*. Por otra parte, Jensen (1998) utiliza también el término “revolución” y lo coloca como líder de la primera de las tres que ha habido en la historia de la química.

Las contribuciones que hemos revisado hasta ahora, y muchas más, fueron presentadas en su magnífica obra intitulada *Tratado elemental de Química* de la que basta con leer su índice para ilustrar la amplitud y profundidad de los temas que en ella se presentan (Lavoisier, 1798: pp. 325). Se introdujo en México un año antes que en España, traducida al español por D. Vicente Cervantes.

### **Un tercer acercamiento. Lavoisier el hombre público**

Al plantear este subtítulo debemos dejar en claro que no se trata de la vida de un político propiamente. Lavoisier no se dedica a la política, sus reuniones semanales en el laboratorio y en las comidas con sus amigos y con distinguidos científicos de su tiempo, así como los múltiples y estrechos lazos con muchos de ellos, se dan siempre en el ámbito de la química y otras ciencias afines. Sin embargo, sus cargos públicos lo insertan en las políticas del gobierno (Berthelot, 1945: pp. 26-28).

Para describir este aspecto de la vida de Lavoisier seguiremos los pasos de Jonathan Norton Leonard:

“Iniciamos nuestro recorrido estableciendo que Lavoisier dispone de buenos ingresos, ya que su padre se había casado con una rica heredera. Sin embargo, parece ser que Lavoisier no vio con malos ojos el incorporarse al cuerpo de recaudadores de impuestos” (Leonard, 1945: pp. 253).

La Ferme Générale había sido establecida a comienzos del siglo XIV, cuando el rey consideró que las finanzas eran todo un problema para el gobierno y decide vender las rentas del reino a un grupo de banqueros que son facultados para realizar la recaudación de impuestos. El rey cobraba una prima anual, la que subía si las recaudaciones habían sido muy buenas en años anteriores, o si el rey entraba en guerras con sus vecinos, o bien porque el rey necesitaba dar jugosas pensiones a la nobleza, los grandes prelados de la iglesia o a sus favoritos, que aumentaban periódicamente. Se concedían monopolios que se vendían cada año como los de la sal y el tabaco, y se establecían barreras y aduanas entre las provincias, ya que hasta los nabos y las coles debían pagar impuestos. Como consecuencia de todo esto, cada año la Ferme estaba obligada a pagar más al rey, y por lo tanto se estrujaba más y más al pueblo, despertándose así el odio de éste hacia la Ferme y sus recaudadores. El pueblo estaba desesperado y la Ferme debía mantener un costoso ejército para proteger a sus recaudadores (Leonard, 1945: p. 253).

Cuando Lavoisier, en 1768, se incorpora a la Ferme, lo hace consciente de la extorsión y la corrupción que existe en

el sistema, que de por sí ya era malo. Lavoisier resolvió que esta organización debería ser administrada con honradez y eficacia. Al poco tiempo compró un tercio de una participación como recaudador de aduanas en ciertas provincias del occidente de Francia. Su planteamiento era buscar el bienestar público sin dejar de acrecentar su fortuna personal para llevar a cabo sus investigaciones científicas, que para él constituían otra forma de apoyar el bienestar público gracias a las aplicaciones que se le podía dar a la ciencia (Crosland, 1998: pp. 869). Cabe recordar que el rey encargaba investigaciones a la Academia, que daban buenos recursos económicos a este organismo. Las investigaciones más costosas encomendadas a la Academia le eran asignadas a Lavoisier, y en su laboratorio muchos de sus colegas dispusieron de los medios necesarios para abordar y resolver gran parte de los problemas que estaban pendientes o que no se hubieran podido abordar con sus propios medios (Leonard, 1945: pp. 253-257).

Para la resolución de tales problemas Lavoisier seguía rigurosamente aquello señalado siglos atrás por Roger Bacon y Boyle y que plasmara como metodología Descartes. Sólo así se podía experimentar sin ir a perderse en alguna parte. Lavoisier expresa que:

“Los problemas se deben abordar como un todo, trazando un plan de trabajo bien definido, previa revisión de cuanto se conoce al respecto, para luego plantearse las propias hipótesis, el plan de trabajo y el diseño mismo. Él señala: ‘La ciencia no es de un hombre, sino del quehacer de muchos.’”

O como diría un hombre de nuestros días, la ciencia tiene historia. Esto mismo lo lleva Lavoisier a su quehacer en la Ferme, donde forma grandes equipos de trabajo para que lo apoyen, y combina sus observaciones geológicas de campo con sus inspecciones de los cobros de impuestos, registrando al mismo tiempo la vida, en general miserable, que llevaban los campesinos.

Sus éxitos con el monopolio del tabaco, de las aduanas, y la sal, llamaron la atención del gobierno. De allí que se le encargó mejorar la obtención del nitrógeno, utilizado para la fabricación de la pólvora, material indispensable para desarrollar una guerra. Fue nombrado Regisseur des poudres. Pudo así tener a su disposición los laboratorios del arsenal de la Rue de la Cerise, donde, además de montar los mejores laboratorios y disponer de las mejores balanzas de su época, dispuso de un lugar para recibir y ofrecer alojamiento a los hombres de ciencia que frecuentemente llegaban a París, y con los cuales mantenía estrechas relaciones científicas. Porque Lavoisier expresaba que:

“Los secretos de la naturaleza no pueden ser descubiertos por un solo hombre. Debemos contar con la colaboración y los esfuerzos unidos de muchas inteligencias.”

¿Cuál era el problema a resolver? El nitrógeno, necesario para elaborar la pólvora, se obtenía excavando grandes extensiones de la tierra más fértil posible. Lavoisier estudió el problema y con-

cluyó que el nitrógeno proviene de la materia animal descompuesta. Terminó proponiendo que se le extrajera de las basuras, del estiércol de los animales y de los residuos de los mataderos. Logró así las mejores pólvoras a los precios más bajos. En estos tiempos sus laboratorios trabajaron intensamente en la síntesis de los nitratos, y estos estudios van incidiendo en sus ideas que va madurando sobre los óxidos ácidos, los ácidos y la obtención de las sales. Son varios ejes conductores por los que deambulan y se entrecruzan sus diversos trabajos de investigación.

En este mismo tiempo (1778), cuando ha hecho la síntesis cuantitativa del agua, logra captar en la sociedad las señales claras del peligro de una grave explosión social. El gobierno anticuado seguía otorgando privilegios, a más de los ya concedidos, a los nobles parásitos, la iglesia decadente y la pléyade de corruptos favoritos. Y, en la campaña francesa, los campesinos cultivaban la tierra de los nobles y de la iglesia, que cada vez les exigían más y más. La explotación de los campesinos era tan tenaz que se llegaba al extremo de que cuando mejoraban las cosechas aumentaban sus exigencias de pagos, en forma cada vez más desmesurada.

Lavoisier, desde que ingresó a la Ferme empezó a introducir reformas para beneficiar a los que menos tenían, controlando a sus recaudadores para que no los robaran ni los expoliaran, de allí sus continuos viajes a la provincia.

Ese mismo año (1778) compró una hacienda en Frechines (Blois), en el suroeste de Francia. Habló con los campesinos, y los convenció de que si seguían los métodos de cultivo que les iba a proponer aumentarían las cosechas, pero que él no aumentaría las tasas de la recaudación. Es así como introdujo la rotación de los cultivos y el uso de nuevos fertilizantes, aplicando estas experiencias en los lotes de tierra de más baja productividad. Posteriormente estuvo entre los primeros en sembrar papas, importó ganado de España para mejorar la raza, y distribuyó semillas seleccionadas de trigo. Con esto quintuplicó en unos cuantos años las cabezas de ganado y duplicó la producción de trigo por hectárea.

Al respecto, Lavoisier decía:

“Tal inversión no representa a la brillante especulación de la compra de la mercadotecnia, ni el juego de las bolsas públicas, pero jamás se acompaña del mismo riesgo ni de los mismos reveses”. En otra parte agrega: “Una rica y abundante vegetación, una población numerosa, una imagen de la prosperidad, he aquí los premios a sus desvelos”, los de los propietarios de la tierra, los inversionistas y los del mismo Lavoisier.

Para 1785 los éxitos que había tenido eran conocidos por mucha gente, por lo cual es nombrado miembro de un Comité de Agricultura que está organizando el gobierno. Sus éxitos, no sólo como agricultor, sino sobre todo en el hecho de que los campesinos alaben su obra, así como sus opiniones y sus propuestas progresistas, lo hacen chocar frecuentemente con la nobleza y con la iglesia, que en todas sus propuestas ven atentados contra sus privilegios.

Las terribles cosas que expresa son opiniones como las siguientes: “Sabemos que el verdadero objeto de un gobierno

debe ser aumentar la suma de gozos, felicidad y bienestar de todos los individuos”, o bien, denuncia: “Los infortunados aldeanos gimen en sus chozas, no poseen representantes ni defensores, y sus intereses no son tomados en cuenta en la creación de departamentos para la administración del reino” En un informe al Interventor General le dice: “Si el comercio ha sido más alentado y protegido que la agricultura débese a que la profesión de comerciante es practicada por una clase de ciudadanos de una categoría más sagaz, que sabe leer y escribir, que vive en las ciudades y que constituye un grupo cuya voz se hace oír fácilmente” (Leonard, 1945; pp. 269-273; Berthelot 1945: p. 174).

Hacia 1788 los desórdenes estallaban cada vez con más frecuencia, se incendian las casas de labor y en los caminos aparecen recaudadores muertos.

El ministro Necker hace un experimento para abatir legalmente las tensiones. Prescinde de la Corte y convoca a la Asamblea Provincial de Orleans. Esta Asamblea se compone de 25 miembros nombrados por el rey y 25 nombrados por los electores. Lavoisier es incorporado a ella, no por nombramiento del rey, como le hubiera correspondido, sino por los electores de un distrito vecino a sus propiedades. Secretario de la Asamblea en la primera reunión, ya en la segunda la domina. Propone a la Asamblea un sistema de educación para los aldeanos, un esquema de seguro de vejez para los campesinos y enseñarles métodos más eficientes en el cultivo de la tierra, la abolición del trabajo forzado y de los derechos feudales, y además presentó un informe sobre las tasaciones en general. Es probable que si todo esto hubiera sido aprobado, la revolución no hubiera estallado. Pero era demasiado tarde.

Necker convocó a los Estados Generales que hacía 165 años no se habían reunido. Lavoisier marchó a París lleno de ilusiones:

“Ahora, tendremos toda la nación reunida en Asamblea. Podremos hacer borrón y cuenta nueva, y obrar en justicia para todos, desde el campesino al rey”.

Cuando el rey se decidió a ordenar que se reunieran los tres estados en conjunto, ya era tarde. En esos días corre la voz de que el rey va a disolver la Asamblea. El populacho de París, el 14 de julio de 1789, asaltó y tomó La Bastilla, símbolo de la tiranía real. La Revolución Francesa se iniciaba y pasarían muchos años hasta que la nación volviera a estabilizarse.

Todos sabemos de los años turbulentos que siguieron en la lucha por el poder entre las diferentes clases y grupos. Llegó un momento en que la nobleza, los banqueros y todos los autonombrados miembros de la aristocracia huyen al extranjero. Lavoisier, un hombre de la pequeña aristocracia, un idealista entusiasmado con las posibilidades que se ofrecían para hacer los cambios que él tanto anhelaba, se quedó. Siguió desempeñando los cargos que tenía, colaborando con quienes los desempeñaban y avanzando en el campo de la investigación. Es en estos años que publicó *La nueva Nomenclatura* (1787) y el *Tratado elemental de química* (1789) (Crosland, 1998: pp.

197-210). En esos años reaparece en su vida Juan Pablo Marat (Berthelot, 1945: pp. 174; 277-281)

Hacia 1791, Marat adquiere gran poder con el apoyo del populacho parisiense. Se le llama "el amigo del pueblo". Para él, la violencia y el asesinato eran el camino para acabar con los aristócratas, los ricos, los oficiales del ejército y todas las autoridades del antiguo régimen. Pero, ¿quién era Marat? Marat era un estudiante de medicina que abandonó los estudios en los años setenta para dedicarse al charlatanismo, autoproclamándose médico y químico. Cuando presentó un *Tratado sobre el fuego* para ingresar a la Academia, el trabajo fue sometido a la consideración de varios miembros entre otros Lavoisier, quien lo rechazó por cuanto el trabajo se apoyaba en la teoría del flogisto, y al mismo tiempo contenía numerosos errores. La Academia por unanimidad rechazó la postulación de Marat.

Ahora, un Marat ensoberbecido con el poder, lanza en 1791 incendiarios ataques contra Lavoisier, todos los cargos que desempeña se constituyen para él en pruebas condenatorias. Es así como lo llamó: ladrón de tierras, corifeo de los charlatanes, aprendiz de químico, discípulo del agiotista Geneves, fermier générale, regisseur de la pólvora y el nitro, administrador del Banco de Descuentos, secretario del rey, miembro de la Academia de las Ciencias ... Termina diciendo: ¡Ojalá lo hubieran colgado de una farola el seis de agosto!

Poco a poco, van quitando sus cargos a Lavoisier. En 1792 la Academia y los académicos son acusados del delito de "incivismo". Posteriormente se pidió la expulsión de los miembros "carentes de civismo". Lavoisier se lanza con todas sus fuerzas a la defensa de sus compañeros, y de la Academia, en general. En el verano de 1793 es abolida la Academia.

Tal como ya lo señaláramos, Lavoisier, a pesar de estas destituciones, continúa trabajando en todos esos lugares, en los que tuviera nombramientos.

En noviembre del mismo año, la célebre Charlotte Corday mata a puñaladas a Marat, pero el daño ya estaba hecho. El 24 de noviembre del mismo año la Asamblea decretó el arresto de los miembros de la Ferme Générale que habían firmado unos arrendamientos de terrenos, entre ellos estaba Lavoisier. Son conducidos al convento de Port Royal.

El cinco de mayo del año siguiente (1794), los detenidos son conducidos al Tribunal, cuyo record era que había condenado al 100% de los acusados. El presidente del tribunal, el terrible Coffinhal, expresó: "La República no tiene necesidad de sabios, dejad que la justicia siga su curso". Al día siguiente los prisioneros fueron ejecutados sin ceremonia y sus cuerpos arrojados a una tumba anónima en el cementerio de la Madeleine. Enterado de esto, dicen que Joseph Lagrange expresó: "Bastó un instante para cercenar esa cabeza, y quizás un siglo no baste para producir otra igual". Cabe señalar que Crosland (1998: p. 876) no la considera verídica.

Quizá como una síntesis del reconocimiento de su obra se podría señalar que sus aportaciones a la ciencia junto con las de Newton fueron señeras en la apertura de los horizontes de la ciencia en general y de la Química en particular, al consolidarla Lavoisier como una ciencia, con todos sus atributos.

Agregar también que una vez terminado el reinado del Terror, apenas unos meses después de la muerte de Lavoisier, la Asamblea Nacional Francesa rindió homenaje al patriotismo y al verdadero apostolado social, de quien fuera el fundador de la granja modelo de Frechines, y devolvió a su viuda todos los bienes que le habían sido confiscados.

## Bibliografía

- Bensaude-Vincent, B., Stengers, I. *Historia de la Química*. Adisson-Wesley Iberoamericana, Madrid, 1997.
- Bernal, J.D. *La ciencia en la historia*, traducción de Eli de Gortari, Nueva imagen, UNAM, México, 1979.
- Berthelot, M. *Una revolución en la Química. Lavoisier*, Traducción de Apugliese, M. Editorial Lozada, S.A. Buenos Aires, 1945.
- Brock, W.H. *The Norton History of Chemistry*, W.W. Norton & Company, New York-London, 1993.
- Crosland, M.P. *Estudios históricos en el lenguaje de la química*, traducción de Sandoval, A., Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1998.
- Dampier, William C. Sir. *Historia de la Ciencia y sus Relaciones con la Filosofía y la Religión*, traducción 4ª edición inglesa por Sánchez Gil, V. Editorial Tecnos, Madrid, 1972.
- Freund, I. *The Study of Chemical Composition, An Account of its Method and Historical Development*, Dover Publications, Inc., New York, 1968.
- Hilditch, T.P. *A Concise History of Chemistry*, 2ª edición, Methuen y Compañía Limitada, Londres, 1922.
- Jaffe, B. *Cruicibles: The Story of Chemistry, From Ancient Alchemy to Nuclear Fission*, Huttchinson's Scientific and Technical Publications, London, 1949.
- Jensen, W. B. Logic, history, and the chemistry textbook, Part III. One Chemical Revolution or Three?, *Journal of Chemical Education*, 75(8), 961-969, 1998.
- Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1970.
- Leicester, H.M. *The Historical Background of Chemistry*, 2ª edición, John Wiley & Sons, Inc. Londres, 1961.
- Lavoisier, A.L. *Tratado elemental de Química*, Traducción. J.M. Munárriz, Imprenta Real, Madrid, 1798, reedición por Universidad Autónoma Metropolitana-Xoxhimilco, México, 1990.
- Leonard, J.M., *Los cruzados de la Química*, 2ª edición, Editorial Lozada, S.A., Buenos Aires, 1945.
- Lockemann, Georg, Dr. *Historia de la Química*, Tomo I. Desde la Antigüedad hasta el descubrimiento del Oxígeno, traducción, Toral, M.T., Editorial UTEHA, México, 1960.
- Merino, J. *La Alquimia. Una aventura inacabada*. Serie Incógnita/Métodos. Barcelona, 1981.
- Moulton, F.R. y Schiffers, J.J. *Autobiografía de la Ciencia*, traducción 1ª edición en inglés por Delpiane, F.A., Fondo de Cultura Económica, 2ª edición, México, 1986.
- Read, J. *Procesión de ideas y personalidades*. Aguilar, Madrid 1959.
- Stillman, J. M. *The Story of Alchemy and Early Chemistry*, Dover Publications, New York, NY, 1960.
- Taylor, S.F. *La Alquimia y los Alquimistas*, Editorial AHR, Barcelona, 1954.