

LAVOISIER Y LA QUÍMICA DEL SIGLO XVIII

por

Luis Eugenio Andrade*

Resumen

Andrade, L.E.: Lavoisier y la química del siglo XVIII. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17(67): 785-793, 1990. ISSN 0370-3908.

El papel jugado por Lavoisier en la llamada Revolución Química se ubica dentro del contexto de la química del S. XVIII. Se muestra la particularidad de su estilo que lo distancia de las dos tradiciones químicas más sobresalientes, la Mecánica Corpuscularista y la química de los Principios o Sustancialista. Se analiza como la química moderna fue abriéndose camino a partir de la resolución del problema de la combustión y del modo como abordó el problema de la composición de los cuerpos. Por último se examina su aporte en la introducción de un lenguaje analítico y racional en la química.

Summary

The role played by Lavoisier in the so called Chemical Revolution is illustrated within the context of eighteenth century chemistry. His contribution is seen as a creation of a new style of thinking and doing chemistry, outside of the two main traditional chemical cultures known as the Chemistry of Principles and the Corpuscularist Mechanical Chemistry. It is shown how the resolution of the Combustion problem shed new light upon the problem of Composition of the Bodies and paved the way for the emerging Modern Chemistry. It is explained how the introduction of an analytical and logical language into Chemistry completed this Scientific Revolution.

Antecedentes

La tradición química moldeada en el Aristotelismo integró la teoría de los cuatro elementos griegos y los tres principios de Paracelso para llegar a estructurarse de una manera bastante coherente en el S. XVII en la doctrina que se conoce como la Química de los Principios. Predominaban en ella las explicaciones de tipo cualitativo postulándose que

detrás de cada propiedad o cualidad de la materia subyacía una sustancia o principio responsable de la misma (1). Dentro de esta tradición se destacan en el S. XVIII H. Boerhaave, J.J. Becher y G.E. Stahl. Este último a principios del S. XVIII racionaliza y sistematiza esta tradición proponiendo una química en la que integra las tres "tierras" de Becher con el "flogisto" al que se considera como principio constitutivo (2).

Contrapuesta a esta visión sustancialista de la naturaleza se oponía la tradición corpuscularista y mecanicista que remontándose a Epicuro y Lucrecio encuentra en el S. XVII en R. Boyle y en I. New-

* M.S. Profesor Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ton un mayor grado de solidez y estructuración, ofreciendo un programa para la química que le señala nuevos derroteros.

El programa newtoniano en la química tal como se entendía en S. XVIII básicamente proponía un nuevo concepto de "materia" ajustado a una teoría adecuada del "elemento" y un desarrollo de una teoría cuantitativa de la "fuerzas de atracción". El sistema newtoniano postulaba: 1o. Que la cantidad de materia se equipara con la masa. 2o. La existencia de una fuerza de atracción a distancia y 3o. La naturaleza corpuscular de la luz.

Boerhaave en su momento advertía sobre la insuficiencia del principio de la atracción universal para comprender las razones que llevan a una determinada sustancia a combinarse preferencialmente con otra y no con cualquier otra. Además sostenía que la atracción universal nos deja desarmados para dar cuenta de los fenómenos de disolución o de las propiedades específicas de cada uno de los "mens-truos". Argumentaba que en la materia hay un fenómeno selectivo de afinidad que la atracción universal no puede explicar (3) (4). Estas afinidades dependerían de la forma de las moléculas que interactúan y de su posición relativa. Pero la imposibilidad de conocer la forma de las moléculas y sus distancias hacían creer en las primeras décadas del S. XVIII que la química sería campo estéril para el newtonianismo.

El argumento principal esgrimido por G.F. Venel en 1730 contra el newtonianismo consistía en la idea de que las partículas últimas de la materia sensible además de tener la masa responsable de las propiedades explicadas por Newton, también posee otros componentes que no son masa y cuyas interacciones por lo tanto escapan a la ley de atracción obedeciendo a leyes diferentes (5). Estas leyes diferentes constituirían precisamente el objeto de la química (6). Venel considera a la química como la única ciencia que está en capacidad de penetrar al interior de la materia mientras que la física solamente puede abordarla desde el exterior, de ahí se sigue por consecuencia la supremacía que debería tener la química. Siendo así, Venel reclama para la química un estatus al menos igual al que disfrutaba la física pero reconoce que esto sólo se puede alcanzar mediante una revolución conducida por un nuevo Paracelso (7). Para los autores de la Enciclopedia, la revolución química constituye una necesidad sentida.

Paralelamente el newtonianismo hacía carrera invadiendo todas las esferas del saber con la autoridad y prestigio que le daban sus triunfos a nivel de la mecánica celeste. Efectivamente seducía las mentes más preclaras moldeando los distintos aspectos de la cultura y relaciones sociales de la época. El newtonianismo como ideología reforzaba a fines del S. XVII las posiciones políticamente conservadoras en Inglaterra, hecho que no impidió que gracias a la divulgación que del mismo hicieran Voltaire

y M^{de} de Chatelet en Francia en la primera mitad del S. XVIII, jugara un papel renovador de las ideas y la cultura, llegando a ser considerado como subversivo en el continente (8). Sin embargo para los años 1750 los intelectuales de la Ilustración van más allá, cuestionan la nueva ortodoxia y propugnan por un concepto de "materia activa" opuesto a la dualidad "materia" — "fuerza" del newtonianismo. Este concepto de "materia activa" se acomoda más al concepto de materia manejado en química, geología y biología que al de la física (8).

El intento más importante de desarrollar el programa newtoniano en Francia está representado por Geoffroy, quien en 1718 presenta unas Tablas de Afinidad en oposición a la doctrina mecanicista de Lamery y sin necesidad de recurrir a las concepciones sustancialistas. Estas tablas consistían en una lista de tierras, álcalis y metales ordenados según su afinidad por cada uno de los ácidos conocidos, con el propósito fundamental de poder predecir el producto final de una reacción (9). La química se convierte de esta manera en una ciencia de las relaciones o interacciones entre diferentes cuerpos.

Su objeto son las reacciones y es la Afinidad la que hace posible el discurso químico (6). Se observan en química ciertas "relaciones" entre cuerpos diferentes, que hacen que ellos se unan fácilmente entre sí. Estas relaciones tienen sus grados y leyes. Venel afirma que allí donde los físicos ven masas, fuerzas, cualidades, los químicos ven cuerpos pequeños, relaciones, principios (10).

Los químicos newtonianos del período comprendido entre 1718-1742 en vez de especular como Boyle y Lemery sobre la estructura íntima de la materia, trataron de investigar cuáles son los cuerpos que tienden a combinarse para dar un compuesto y cuáles son los cuerpos que los desplazan.

El proyecto de Geoffroy no condujo a resolver el problema de la Atracción o Afinidad entre los cuerpos aunque contribuyó notablemente a esclarecer ciertos problemas inherentes a la composición. Con él fracasó la tentativa de aquellos que buscaron hacer progresar la química por medio de su integración a la física newtoniana. Este desenlace contribuyó a aumentar el descrédito del newtonianismo entre la Ilustración Francesa a mediados del S. XVIII. Es significativo el hecho de que en 1730 la Academia Francesa haya prohibido el término de "attraction" y propusiese en su remplazo los términos de "rapport" y "affinité". Geoffroy habla de "relaciones" hasta 1720, fecha a partir de la cual sustituye el término por el de "afinidades" (11). Para Venel las relaciones se definen como acciones recíprocas que se ejercen entre los corpúsculos elementales, pero sin admitir que sean efecto de choques, presiones o atracciones mecánicas, haciéndolas depender de cualidades propias de los corpúsculos como su homogeneidad y heterogeneidad. Se hacía una opción por una concepción vitalista y dinámica de la materia. Se afianzaba de este mo-

do la alianza entre los químicos y el movimiento anti-newtoniano.

Entre 1750—1760 se hace más evidente la tardanza de la química para integrarse a la corriente de la revolución científica, pero al mismo tiempo se constata que buscaba abrirse su propio camino tratando de mantener su identidad sin dejarse absorber por el newtonianismo. Creo que esta actitud no fue en ninguna medida un impedimento para el desarrollo de la revolución química sino que por el contrario fue justamente la que permitió la creación de la moderna ciencia química que disfrutó de un prestigio similar al de la física durante el S. XIX.

Esta actitud de los químicos se vio favorecida por un contexto de agitación ideológica en el que los movimientos sociales que se expresaban en el radicalismo pre-revolucionario abogaban por una concepción más radical de la materia y la naturaleza, rechazando el modelo newtoniano del universo que dependía para su operación de la separación entre materia y movimiento y por lo tanto dependía de la participación activa de Dios en los asuntos naturales y humanos. En este contexto el anti-newtonianismo hacía parte de una heterodoxia más amplia (12).

En este panorama hace su aparición Lavoisier, llamado por algunos el Padre de la Química. ¿Qué significa haber revolucionado la química? ¿En qué radica su contribución que le hizo merecedor de una paternidad que se había atribuido anteriormente y aún algunos hoy día atribuyen a Robert Boyle?

Para entender la obra de Lavoisier es importante señalar que él se desinteresó de los problemas que habían inquietado a sus inmediatos predecesores newtonianos, como por ejemplo los problemas de la reacción química y las afinidades (13) (14).

Lavoisier acepta un modelo mecánico donde participan fuerzas de atracción y repulsión a la vez que manifiesta su acuerdo sobre la importancia capital del problema de las afinidades. Sin embargo decide no tratar este tema ni hacerlo parte fundamental de su obra. Argumenta que las afinidades constituyen un tema difícil de presentar, puesto que éstas varían con la temperatura abriéndose como resultado, de una manera difícil de prever, el abánico de las posibles reacciones químicas. Para Lavoisier todavía faltan datos suficientemente probados como para hacer de la teoría de las afinidades el fundamento de la química (15). Es así como Lavoisier decide más bien, centrar su atención sobre los siguientes problemas:

- 1o. El problema de la combustión, que lo condujo a reemplazar la teoría del flogisto por la del oxígeno.
- 2o. El problema de la composición de los cuerpos, cuya resolución lo llevó a adoptar un concep-

to de elemento que preparó el derrumbe de la química de los principios.

- 3o. El problema de la necesidad de una clasificación sistemática en la química, que resuelve con la creación de un nuevo lenguaje y nomenclatura.

Problema de la combustión

Tradicionalmente se planteaba la opinión de que los cuerpos combustibles eran susceptibles de transformarse en la materia del elemento fuego o más bien de regenerarla o sacarla de un estado de supuesta latencia. Por ejemplo se decía que el azúfre encerraba fuego en abundancia y que este fuego se fijaba en los cuerpos que transformaba. La alquimia conocía el papel del fuego en la transformación del "metal-vivo", en "estado libre" o "reducido a cuerpo", al de "metal-mortificado", "incorporal" u "óxido metálico". No obstante el papel del aire en estas transformaciones había pasado inadvertido, aunque ya Jean Rey en 1630 anotaba que el aumento de peso del estaño y del plomo cuando se calcinan se debe al aire que se les fija. Para Boyle en el S. XVII el aumento de peso de los metales calcinados en un recipiente cerrado se explica por una porción de la materia del fuego que atraviesa los poros del vidrio fijándose en el metal. Durante la primera mitad del S. XVIII Stahl avanza una explicación, según la cual los cuerpos combustibles poseen un principio particular llamado "flogisto" que se transforma en la materia del fuego cuando se somete a un aumento de temperatura disipándose en forma de llama, calor o luz. Según Stahl en el cuerpo combustible el "flogisto" se halla asociado con la "tierra" y puede pasar de un cuerpo a otro para transmitir la propiedad de inflamabilidad. El ácido vitriólico y el nítrico disuelven los metales quitándoles el "flogisto". Esta teoría tuvo gran arraigo en su época. Boerhaave la consideró como definitiva y todavía en 1800 Joshep Priestley era defensor de la misma. Podemos decir que antes de Lavoisier la calcinación de los metales se consideraba un fenómeno de sustitución de "flogisto" por aire y la combustión se veía como una descomposición. La teoría del "flogisto" nació en una escuela que rechazaba al aire como reactivo químico o ingrediente en la formación de compuestos. Fueron los desarrollos de la química neumática los que permitieron dejar sin piso a la teoría del flogisto al descubrirse los componentes del aire. El aire se venía considerando como un elemento de tal manera que se preguntaban si habría distintas clases de aires o no, o si los distintos aires identificados serían más bien modificaciones del aire atmosférico y no sustancias aparte. En 1737 J. Black identificó lo que dio en llamar "aire fijo". Un aire que se une a los óxidos de tierras alcalinas para quitarle su causticidad y que era regenerado por el fuego. Este "aire fijo" se confundía con el "ácido pingüe". En 1767 Cavendish caracterizó como "aire inflamable" al aire producido por la disolución del hierro en el ácido vitriólico.

En 1774 Pierre Bayen observó la pérdida de peso de la tierra roja (óxido de mercurio) por calentamiento y la atribuyó a la salida de "aire fijo". En ese mismo año J. Priestley repitió el experimento y observó que este aire liberado por la combustión del óxido de mercurio permitía la combustión y lo identificó con los óxidos del azoe. Al año siguiente Lavoisier repitió el experimento en presencia y en ausencia de carbón y concluyó que el aire liberado es el mismo aire atmosférico aunque más puro. Un aire además que en presencia de carbón produce el "aire fijo". En el mismo año de 1775 J. Priestley lo caracteriza como algo diferente al aire atmosférico y lo denomina "aire desflogisticado" por su propiedad de poder soportar la combustión absorbiendo flogisto y señala que Lavoisier está equivocado al caracterizarlo como aire atmosférico. Al año siguiente Lavoisier conociendo la crítica de Priestley, aunque no lo manifestó explícitamente, lo caracteriza como un componente del aire atmosférico asociado al "calórico" y en 1777 señala a este mismo componente del aire como principio de la acidez (17) (18).

Lavoisier muestra que el aumento de peso del mercurio durante la calcinación se debe a la fijación de un componente del aire. En 1777 entre otros gases se conocían los siguientes: el aire desflogisticado (oxígeno), el aire flogisticado (azoe), los óxidos de azoe (nitroso y nítrico), el aire nitroso desflogisticado (NO), el aire sacado del espíritu de la sal (ácido muriático), el aire sacado del ácido vitriólico (sulfúrico), el aire alcalino (amoniaco), el aire muriático desflogisticado etc. Lavoisier entiende que hay necesidad de unificar la teoría de los gases y propone que todos ellos están compuestos de un cuerpo simple caracterizado para cada tipo de gas y de un principio genérico el "calórico" o material del calor que sería responsable del estado aeriforme.

El oxígeno o el aire formador de ácidos estaría así mismo constituido por una base ponderable y por el "calórico", un principio imponderable. La base del oxígeno tendría más afinidad por los metales que por el calórico, explicándose de esta manera la calcinación de los mismos. La teoría del oxígeno permite explicar como un fenómeno único la calcinación, la combustión y la respiración. Todos éstos serían procesos por medio de los cuales ciertas sustancias descomponen el gas oxígeno, absorben su base y dejan escapar su "calórico" en forma de calor sensible. Lavoisier en 1778 escribió en su memoria sobre la Respiración que el aire después de la misma precipita el agua de cal a diferencia del aire en el cual ha ocurrido la calcinación, de donde concluye que la parte eminentemente respirable del aire, se convierte en aire fijo en el pulmón o se absorbe en el pulmón donde es reemplazada por aire fijo.

A partir de todos estos descubrimientos la teoría del flogisto se fue haciendo innecesaria. Las reacciones químicas se reinterpretaron sin "flogis-

to" en cuanto al peso y naturaleza de las sustancias que participan. La teoría del oxígeno se hizo importante no porque diera una nueva explicación a los fenómenos de la combustión y la acidez sino porque descartó al "flogisto" como principio constitutivo de ciertos cuerpos (20). La teoría del oxígeno trajo simplicidad a los modelos explicativos de la constitución de los cuerpos. El agua por ejemplo, cuya formación se representaba por la reacción:

Aire inflamable + Aire desflogisticado = Agua

(agua + flogisto) (agua - flogisto)

fue reemplazada por:

(Base de Hidrógeno + Calórico) + (Base de Oxígeno + Calórico) = Agua + Calórico (21) (22).

La teoría del flogisto tenía un amplio poder explicativo y coherencia interna aunque fallaba para explicar el aumento de peso durante la calcinación de los metales y la producción del aire fijo durante la reducción de los óxidos metálicos al devolverles el "flogisto" contenido en el carbón. La aparición de la teoría del oxígeno dividió a la comunidad de químicos, filósofos naturales y físicos de la época. Entre los partidarios de Lavoisier encontramos a C.L. Berthollet, L.B. Guyton de Moerveau, A. F. Fourcroy y J. Black. Entre los partidarios de la teoría del flogisto están K.W. Scheele y J. Priestley. De hecho a finales del siglo XVIII el flogisto seguía compitiendo como paradigma alternativo a pesar del entierro que la hiciera en 1782 Mme. Lavoisier quien vestida de sacerdotisa en singular ritual presidió la quema de las obras de Becher y Stahl. Esta polémica no estuvo exenta de tonalidades nacionalistas que reivindicaban una cultura y ciencia francesa contra el predominio de la tradición germánica y anglosajona.

Lavoisier eliminó al flogisto pero sin embargo nos dejó el legado del calórico. Es importante subrayar que el "calórico" no intenta de ninguna manera sustituir al "flogisto" que más bien encuentra un tipo de remplazo en el oxígeno, sino que obedece a la necesidad de preservar el discurso químico para explicar los cambios de estado y las propiedades de los gases (20). El "calórico" de Lavoisier está más emparentado epistemológicamente con la "materia-sutil" de Descartes y el "fuego" de Boerhaave que con el "flogisto" de Stahl (23). Para Lavoisier el paso de un cuerpo sólido a gaseoso se debe a la adición de una sustancia, el calórico libre, de tal manera que el cambio de estado obedece a las leyes de la química más que a las de la física. Lavoisier no se preocupa por explicar los cambios de estado o los fenómenos térmicos de acuerdo con los modelos mecánicos planteados por los atomistas. No ve al calor como un modo de movimiento sino como un fluido muy sutil que se insinúa a través de los corpúsculos (24).

Lavoisier acepta la estructura discontinua de la materia pero ella no ejerce en él la inspiración su-

ficiente para ponerla como base de una nueva química. Es un adepto intelectual del newtonianismo pero no cree que deba enrumbar a la química por el sendero ya tratinado por Boyle, Lemery, Geoffroy y otros corpuscularistas que no lograron aclarar los problemas de la composición de los cuerpos y de la reacción química. Lavoisier permanece sin hacer caso a la teoría mecánica del calor (25), a la vez que no se interesa por estudiar el mecanismo de las reacciones por considerar que la química todavía no ha llegado al punto de poder darle al cálculo de las reacciones la precisión con que la mecánica celeste predice la trayectoria de los planetas. Es decir que decide hacer la química que puede hacer sobre una base experimental firme, sin caer en elucubraciones que aunque fundamentadas en el newtonianismo no habían logrado mostrar su efectividad en química. Lavoisier da al "calórico" (principio gaseificante y causa del calor) el estatus de elemento a pesar de que renuncia a dejarse verificar por medio de la balanza. Para él, es considerado como un cuerpo simple gasificante así como el oxígeno es el principio acidificante (26). Está al mismo nivel de cualquier otro elemento químico y no se ubica como la base de un nuevo sistema químico, por contraposición al papel jugado por el "flogisto" en la química de Stahl, donde éste se convierte prácticamente en la base fundamental de su sistema.

Berthelot en su tratado sobre la Revolución Química en 1890, considera al "calórico" como un error que Lavoisier dejó pasar por romanticismo. Esto contrasta con la opinión de Metzguer en el sentido de que si bien al calórico se le puede considerar como un sobreviviente del pasado, o un ilogismo o disparate a la luz contemporánea, en su momento fue uno de los mayores instrumentos doctrinales que Lavoisier utilizó para renovar la teoría química. El "calórico" pertenece a esa zona claro-oscuro del desarrollo de la ciencia donde no se percibe la lógica y armonía completa del sistema propuesto ya que apenas el pensamiento y la experiencia estaban luchando por abrirse un camino nuevo (27).

Problema de la composición de los cuerpos

La pregunta sobre si existe o no un componente único de la materia había intrigado a los filósofos de la antigüedad y en el S. XVII hacía parte de los problemas que más preocuparon a Robert Boyle. ¿Es la variedad de los cuerpos químicos algo real o más bien algo aparente que refleja un reordenamiento diferente de los mismos componentes básicos de la materia? ¿Existen cuerpos simples indecomponibles en la naturaleza? ¿Podemos identificar estos cuerpos simples por medio del análisis o por el contrario es durante las operaciones de análisis que estamos creando estas sustancias? (28) (29). Estos y otros interrogantes permanecían sin resolverse en la época de Lavoisier. La tradición corpuscularista había tratado de resolver estos interrogantes. Boyle por ejemplo creía en la existencia de un cuerpo simple o materia única y defendía que las espe-

cificidades de las diferentes sustancias se deben a una modificación de este cuerpo simple. La práctica analítica se interpreta como una descomposición más que como una transformación (28). Boyle planteó que cada sustancia homogénea diferente separada de un cuerpo con la ayuda del fuego, preexiste en ese cuerpo como principio o elemento. Para los corpuscularistas la existencia de los cuerpos simples o elementos se hace indispensable para poder dar cuenta de las reacciones materiales. Hacia 1750 se discutía la efectividad del análisis químico. Se proponía que el análisis era incapaz de separar los ingredientes que el análisis teórico afirmaba, es decir los principios elementales; a lo sumo el análisis nos haría ver los principios próximos. Estos serían el último término del análisis y bien podrían corresponder a principios elementales o a compuestos de los mismos. En este punto Lavoisier retoma el concepto de elemento planteado por Boyle, para saldar cuentas con una discusión metafísica de milenios. Lavoisier sostiene que nada podemos decir sobre la composición última de estos principios próximos a términos del análisis, lo que no impide que los consideremos como elementos con el fin de ir avanzando en la práctica química y en el desarrollo de una sistemática de las sustancias (30). Lavoisier toma partido por una definición operacional de elementos y deja de preocuparse por las preguntas sobre el número y naturaleza de los mismos. Señala que no podemos considerar como compuestos las sustancias que todavía no hemos podido descomponer sino hasta el momento que la experiencia nos muestre sus componentes. Del mismo modo tampoco podemos afirmar que los cuerpos simples en realidad lo sean, pues podría darse el caso que en un futuro pudieran descomponerse.

Por estas razones Lavoisier insiste en una práctica irreprochable con el fin de que los procedimientos químicos den resultados constantes, sin lugar a ambigüedades. En el "Tratado Elemental de Química", Lavoisier publica la lista de 33 sustancias que él considera son elementos. Es importante notar que para ese entonces Lavoisier ya había eliminado 19 radicales orgánicos, además de la potasa, la soda y el amoniaco de la lista de los elementos; sustancias que él mismo había considerado como tales apenas doce años antes y que aparecen en lista en la "Nomenclatura" que publicara en compañía de Guyton de Morveau (31) (32). Para 1789 la mayoría de los radicales orgánicos se habían logrado descomponer, incluyendo al amoniaco que mostró estar constituido por nitrógeno e hidrógeno. Se atribuyó al nitrógeno o azoe el principio de la alcalinidad de acuerdo con el estudio de Berthollet y por esta razón aunque la potasa y la soda no se habían descompuesto, se consideraron como compuestos de azoe el cual sería el responsable de sus propiedades alcalinas. En el primer subgrupo de los elementos, Lavoisier incluye cinco cuerpos simples que para él son más importantes que los otros porque gozan de una amplia distribución y presencia en numerosos compuestos, además de que se comportan como principios esenciales constituyentes portado-

res de las características de los cuerpos en que entran como componente.

Estos cinco elementos especiales de Lavoisier son: 1o. La "luz" considerada como base de la vida, el sentimiento, la organización y el pensamiento y que puede contribuir junto con el "calórico" a la formación de los gases (33). 2o. El "calórico" que es el principio que da cuenta del estado físico de un cuerpo. 3o. El oxígeno que es el principio responsable de la acidez. 4o. El azoe que sería el principio responsable de la alcalinidad. Le siguen en la lista 6 sustancias simples no metálicas oxidables; 17 sustancias simples metálicas y 5 sustancias simples salificables o terrosas.

Los elementos químicos definidos operacionalmente por Lavoisier pasan a convertirse en las unidades lógicas de su nomenclatura y taxonomía química. Se colocan en la base de toda creación de un lenguaje racional que permite darle a la química esa lógica interna ausente en la tradición sustancialista y que la tradición corpuscularista fue incapaz de otorgarle. El concepto operacional de elemento esta respaldado por una práctica analítica rigurosa y meticulosa basada en la práctica de la pesada como criterio indispensable de verificación. El uso de la balanza en el laboratorio no puede considerarse un aporte de Lavoisier. Su originalidad consiste en haberla utilizado como un instrumento de control (34).

Todo lo que entraba y todo lo que salía se sometía a la rigurosa medida de la pesada. Esta meticulosidad en cuantificar por medio de la pesada cuanto producto entrara o saliera de la reacción sin permitir que nada se le escapara, encuentra su paralelismo en las hojas de balance de contabilidad que Lavoisier como hombre de negocios llenara rigurosamente. En el uso de la balanza por Lavoisier el newtonianismo solamente influyó reforzando una noción del sentido común, según la cual el peso se equipara con la cantidad de materia. Esta noción era conocida por Van Helmont, Boyle, Lemery y Black, sin que por lo tanto se hubiera revolucionado la práctica química (35). Lavoisier usa la balanza partiendo del "a priori" de la ley de la conservación de la materia, la cual no pretende haber descubierto y que enuncia de una manera tangencial en el Tratado Elemental de Química, a propósito de las dificultades surgidas en la transformación del mosto de uva en alcohol y gas carbónico.

Escribió "Nada se crea ni en las operaciones del arte, ni en las de la naturaleza, pudiéndose plantear como principio que en toda operación hay una cantidad de materia igual antes y después de la operación, que la calidad de los principios es la misma y que no hay sino cambios y modificaciones" (36).

En resumen: Lavoisier logra sentar las bases para la solución del problema de la composición de los cuerpos al eliminar el "flogisto" como componente y al circunscribirse a una noción operacional

y no metafísica de elemento que permitió sistematizar los resultados del análisis químico. Esta sistematización, como veremos más adelante, lo llevó a crear un lenguaje apropiado para expresar las relaciones de composición. Para resolver el problema de la composición de los cuerpos no tuvo necesidad de abjurar de la química de los principios, ni de entregarse a la química corpuscularista newtoniana. Lavoisier supo hacer química a su manera. La nueva química preparó, sin preverlo él mismo, el derrumbe definitivo de la química de los principios y allanó el terreno que permitió después a Dalton en 1802 reincorporar el corpuscularismo desde una perspectiva diferente que mostró ser inmensamente fecunda (37).

Nomenclatura y sistemática química

En el prefacio al "Tratado elemental de Química, presentado en un orden nuevo y de acuerdo con los descubrimientos modernos" Lavoisier escoge un texto del Abbé de Condillac con el cual se identifica completamente, que expresa muy bien la concepción de lo que debe ser la ciencia y el lenguaje que ha de servirle. Condillac considera que hay que comunicarle al lenguaje la precisión y exactitud que se ha empleado en la observación, de manera que las palabras a través de las cuales pensamos correspondan a los objetos de la ciencia.

Hechos (objetos de la ciencia) = Ideas (representación de los hechos) = Palabras (expresión de las ideas).

Para evitar que los falsos juicios se filtren en el lenguaje, habremos de creer solamente en los hechos que nos presenta la naturaleza y que no engañan, de la misma manera que debemos someter el razonamiento a la prueba del experimento y observación antes de sacar conclusiones. Hay que asegurarse de que las ideas sean una consecuencia inmediata de una experiencia u observación a partir de lo conocido a lo desconocido, ya que la imaginación "tiende a conducirnos continuamente más allá de la verdad y a establecer conclusiones que no se derivan de los hechos" (38).

Lavoisier busca elevar la química a la perfección de la geometría manifiesta en el rigor lógico de sus proposiciones, pero tiene que partir de una química en la que no hay un acuerdo sobre como designar una gran cantidad de sustancias, ni una razón lógica detrás de los nombres por todos aceptados. Para Lavoisier la lógica se introducirá en el lenguaje químico cuando el nombre adoptado para un compuesto refleje de una manera precisa su composición. Los elementos de Lavoisier antes de verse objetivizados en los átomos de Dalton fueron convertidos en los átomos del andamiaje lógico construido por Lavoisier. Para Lavoisier los nombres antiguos que tenían la aprobación de una larga tradición y que hacían referencia a algunas propiedades del cuerpo, al lugar de procedencia, analogías botánicas, al estado físico, a su aspecto o simplemente

al capricho, debían desaparecer. Lavoisier se propone eliminarlos aún a sabiendas de que se trata de un lenguaje que ha sido el único vehículo de comunicación entre los distintos autores, y que aunque confuso e imperfecto ha sido utilizado por los grandes maestros. Para Lavoisier no es cuestión de reformar el lenguaje o de perfeccionarlo sino de crear uno completamente nuevo.

Citando a Bacon anota, que hay que olvidar todo lo aprendido para rehacer o enmarcar (to frame) el entendimiento humano de nuevo. Lavoisier considera que la química debe hacer su propia sistemática así como Linneo elaboró una taxonomía razonada que permitió develar el orden de la naturaleza. El clasificador debe crear el vocabulario adecuado para designar los objetivos que clasifica.

Entendamos que en la química se trata de objetos que en la mayoría de las veces hay que crear y luego designarlos en contraposición con la botánica que clasificaba las especies dadas en el entorno natural, puesto que la existencia de muchos compuestos y de los cuerpos elementales en la mayoría de los casos sólo se hace evidente después de que el cuerpo, tal como se encuentra en la naturaleza, ha sido sometido a una serie de transformaciones en los crisoles y alambiques del laboratorio. La Nomenclatura fue el producto de un trabajo conjunto en que participaron Berthollet, Fourcroy, M. de la Place y M. Monge. Todo el apoyo de un amplio sector de hombres de ciencia que también mostraban su desacuerdo con la teoría del flogisto. Aceptar la nueva nomenclatura implicaba necesariamente aceptar la nueva química, no era simplemente un problema de aceptar unos nombres nuevos sino de ver y entender la química de una manera completamente diferente a la tradicional. Para crear la nueva nomenclatura se trató de conservar al máximo los nombres tradicionales siempre y cuando estos no dieran lugar a confusiones. Los nombres nuevos se tomaban del griego y sus etimologías expresaban la propiedad más característica de los cuerpos que designaban. La nueva nomenclatura articulaba los cuerpos y los compuestos, clasificándolos en clases, géneros y especies. Cada nombre químico debía llevar a la vez el del género para recordar las propiedades comunes a un gran número de sustancias y el específico que recoge la idea de una propiedad particular de la sustancia en cuestión. Siguiendo este modo de razonar se unificó la nomenclatura de los ácidos, álcalis, óxidos, sales y cuerpos combustibles procedentes de los tres reinos (39). Entre los opositores a la nueva nomenclatura se encontraron Priestley, Cavendish y La Metherie quienes argumentaban que un lenguaje aceptado no podía ser eliminado en un día. Además consideraban que la química tradicional explicaba por medio del "flogisto" y los cuatro elementos la composición de diferentes sustancias y algunas propiedades importantes como la acidez y combustión. Para ellos la nueva teoría era igualmente incompleta pues no explicaba la naturaleza del oxígeno y del azufre, ni tampoco la causa de las reacciones químicas (40).

Además aquellos que como Buffon y Lamarck favorecían una visión dinámica de la naturaleza se oponían ferozmente al desarrollo de la nueva nomenclatura que encasillaba rigidamente a los cuerpos de la naturaleza en lugares fijos (41).

En el prefacio al Tratado Elemental de Química, se exponen los principios de lo que posteriormente pasó a conocerse como el programa positivista para la ciencia. Efectivamente, en el Prefacio se insiste en la importancia del experimento como fuente de conocimiento; se busca fundamentar todo razonamiento abstracto en hechos empíricos; se propone formular un lenguaje analítico y específico para la química y se expresa la convicción de que solamente el uso correcto de la razón y el experimento otorgarán a la ciencia su coherencia y unidad. Lavoisier prefigura a los científicos positivistas del S. XIX y coincidentalmente el desarrollo del paradigma de la ciencia positiva fue elaborado con base en una reflexión sobre el desarrollo de la ciencia tomando el caso de la química como modelo. Augusto Comte dedica la primera mitad del tercer volumen del Curso de Filosofía Positiva a la química (42).

En todo caso la revolución química se ubica en un momento de transición entre la ciencia considerada como parte de un Sistema de Filosofía Natural y la Ciencia fraccionada en el conjunto de las Ciencias Positivas. Esta transición se vivió muy rápidamente en la Francia revolucionaria donde como ya vimos no existían compromisos con el newtonianismo y por otro lado había una gran necesidad de consolidar un proyecto social por medio del dominio de la ciencia y la tecnología.

Anotaciones complementarias

El aporte de Lavoisier en la creación de la nueva química no puede ser entendido completamente si no consideramos sus contribuciones como reformador social y administrador, actividades a las que dedicó la mayor parte de su vida. Además el solo hecho de su muerte bajo la cuchilla jacobina debe motivar la curiosidad para analizar las relaciones entre la ciencia y la sociedad en el período que nos ocupa. Lavoisier de origen aristocrático fue un reformador incansable al servicio del viejo régimen. Hizo carrera como abogado. Tanto en su actividad pública como científica fue un reformador. Perteneció a la última generación de reformadores pre-revolucionarios. Hacía parte de aquel movimiento cultural e ideológico que buscaba en la ciencia la legitimación del orden social.

Para su generación, era claro que a través del estudio de la naturaleza podía adquirirse el conocimiento necesario para adelantar los proyectos de reforma social. Además, de una u otra manera la Ilustración buscaba a través de los éxitos científicos mostrar que bien podrían convertirse en los dirigentes naturales capaces de adelantar las reformas que la sociedad reclamaba. Se buscaba imponer la

autoridad de la ciencia como instancia legitimadora del orden social, papel que antiguamente se le había asignado a la religión. Como muchos estadistas de la época, Lavoisier asistió de joven a las conferencias de geología dictadas por Rouelle, siendo este su primer contacto con la química. La ciencia era la moda entre la gente ilustrada y hacía parte de las discusiones cotidianas. Por ejemplo Turgot quien dirigiera con Lavoisier una campaña para revitalizar las finanzas de la corona, publicó un artículo en la Enciclopedia sobre la expansibilidad de los gases. Marat quien habría de pronunciar la sentencia contra Lavoisier había publicado un trabajo sobre el Fuego que en su momento fue duramente criticado por Lavoisier.

La rivalidad con Marat a nivel científico y político se manifestó en la férrea oposición que Lavoisier hizo para impedir su ingreso a la academia de ciencias. En el espíritu de la época estaba el hecho de que todo aquel que tuviera pretensiones de gobernar debía ganarse un lugar de reconocimiento en el campo de la ciencia. Lavoisier trabajó durante muchos años como socio de una firma particular que recaudaba impuestos para la Corona, hecho

por el cual fue sentenciado cuando cayó la monarquía. No parece cierta la versión de que él haya sido decapitado por que la Revolución no tenía necesidad de sabios (43). Al contrario nunca antes se había visto esa estrecha vinculación entre los hombres de ciencia y el gobierno de la sociedad. La revolución entronizó la Razón y con ella a la Ciencia. No fue por azar que la mayoría de los artífices de la revolución química, como Fourcroy, Guyton, Berthollet hayan jugado papeles destacados en los clubes radicales. En el año II de la revolución un gran número de físicos y químicos participaron activamente en los trabajos de la Convención de la Montaña presidiendo comisiones de agricultura, comunicaciones, trabajos públicos u organizando milicias (44). Los jacobinos nunca pensaron que con la muerte de Lavoisier se perjudicara a la ciencia; vieron en él solamente al servidor del viejo régimen, que reivindicó la autoridad de la ciencia para justificar una serie de reformas sociales en una convulsionada sociedad, que como la química no tenía necesidad de Reforma sino de Revolución. Esto último fue lo que Lavoisier seguramente entrevió pero que su posición aristocrática le impidió asumir consecuentemente.

Bibliografía

- Villaveces, J.L., G. Cubillos & L.E. Andrade 1984. *Seminario de Historia y Filosofía de las Ciencias* "Del Sustancialismo al atomismo en la Química" Universidad de Antioquia e ICFES. P. 226.
- Crosland, M. 1980. "Chemistry and the chemical revolution" in G.S. Rousseau and Roy Porter (eds.), *The Ferment of Knowledge*, Cambridge University Press, p. 395.
- Metzger, H. 1930. "Newton, Sthl, Boerhaave et la doctrine chimique", Librairie Scientifique et Technique. Albert Blanchard (1930) 1974, p. 300.
- Taton, R. 1972. *Historia General de las Ciencias* (2). La Ciencia Moderna (de 1450 a 1800), Cap. V Nacimiento de la Química Moderna". Ed. Destino Barcelona. pp. 624-625.
- Venel, G.F. 1753. art. "Chymie" *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et de métiers par une société de gens de lettres*. (3) Diderot D. et d'Alembert J. eds. Paris, M. DCC. LIII. p. 413.
- Guedon, C. 1980. "Le statut epistemologique de la reaction chimique de L'encyclopedie a Gay-Lussac". Cologue Gay-Lussac, Ecole Polytechnique, pp. 106-109.
- Venel, G.F. 1753. op. cit. pp. 409-410.
- Shapin, S. 1980. "Social uses of science" in G.S. Rousseau and Roy Porter (eds.), *The Ferment of Knowledge* Cambridge University Press, pp. 93-139.
- Siegfried, R. & B. Bobbs 1968. "Composition, a neglected aspect of the chemical revolution". *Annals of Science*, Vol. 24, No. 4, pp. 279.
- Venel, G.F. op. cit. pp. 416 (primera Columna).
- Taton, R. 1972. Op. cit. pp. 626.
- Jacob, M. 1977-78. "Newtonianism and the origins of the enlightenment: A reassessment", *Eighteenth-Century Studies* 11: 1-25.
- Metzger, H. 1935. "La philosophie de la matiere chez Lavoisier" *Actualités Scientifiques et Industrielles* 218 Exposés d'histoire et philosophie des sciences Publiés sous la direction de Abel Rey. Paris Hermann et Cie. Ed. p. 26.
- Guedon, J.C. 1980. op. cit. 1980.
- Lavoisier, A.L. 1789. *Traité Élémentaire de Chimie* Paris, Couchet ed. Discours préliminaire p. XIV.
- Metzger, H. 1930. "Newton, Sthl, Boerhaave et la Doctrine Chimique", Librairie Scientifique et Technique. Albert Blanchard (1930) 1974, pp. 159-188.
- Partington, J.R. *A History of Chemistry* (3) Chap. IX "Lavoisier". MacMillan Press. pp. 402-410.
- Kuhn, T.S. 1962. *The Structure os Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press. pp. 52-65.
- Siegfried, R., & B. Dobbs 1968. op. cit. pp. 280-281.
- Ihde, A. 1964. *The Development of Modern Chemistry* "Lavoisier and the chemical revolution" The University of Wisconsin Harper & Row Publishers. p. 71.
- Lavoisier, A.L. 1935. *Traité Élémentaire de Chimie* (1) p. 96. Citado por Metzger H. op. cit. p. 38.
- Metzger, H. 1935. op. cit. p. 39.

23. Lavoisier, A.L. 1935. *Traité Élémentaire de Chimie* (1) p. 41. Citado por Metzger H. op. cit. p. 41.
24. Metzger, H. 1935. op. cit. p. 42.
25. ——— 1935 op. cit. pp. 36-37.
26. ——— 1935 op. cit. p. 46.
27. ——— 1935 op. cit. p. 17.
28. Crosland, M. 1980 op. cit. p. 394.
29. Lavoisier, A.L. 1790 *Elements of Chemistry* (Tr. Robert Kerr) Edinburgh. p. XXIV. Citado por Siegfried R. 1968. op. cit. pp. 282-283.
30. Gillispie, C. 1981 *Dictionary of Scientific Biography* (7). Princeton University, Charles Scribner's sons New York. p. 82.
31. Lavoisier, A.L. 1935. (1) p. 170 Citado por Metzger op. cit. p. 34.
32. ——— . 1935. (1) p. 202 Citado por Metzger op. cit. p. 43.
33. Metzger, H. 1935 op. cit. p. 21.
34. ——— . 1935. op. cit. p. 19.
35. ——— . 1935. op. cit. p. 22.
36. Villaveca, J.L., G. Cubillos & L.E. Andrade 1984. op. cit. p. 232.
37. Lavoisier, A.L. 1979. op. cit. Discours Préliminaire. p. I – XIII.
38. Crosland M. 1962. *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Heinemann Educational Books Ltd. pp. 177-186.
39. ——— . 1970 op. cit. pp. 196-198.
40. Metzger, H. 1935. op. cit. 25-26.
41. Comte, A. 1830-42 *Cours de philosophie positive*, Primera edición, 6 Vols. Paris.
42. Crosland, M. 1983. "Lavoisier, le mal-aimé" *La Recherche*, 14 (145): 785.
43. Moss, H. 1983. "Scientists and Sans-culottes. The spread of scientific literacy in the revolutionary year II" *Fundamenta Scientiae*. 4 (2): 101-115.