



I Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias  
Experimentales

## DESAFÍOS DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA HOY

Formar sujetos competentes para un mundo en permanente transformación

*Comunicaciones Orales - Grupo 1*

*Epistemología, propuesta historia de la ciencia y prácticas pedagógicas.*

## EL FLOGISTO: LA FORMULACIÓN DE UNA FRONTERA CONCEPTUAL

Rómulo Gallego Badillo

Royman Pérez Miranda

Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D. C. Colombia.

### RESUMEN

En esta comunicación los autores se ocupan de una aproximación histórica a los orígenes de la formulación del modelo del flogisto, a la vez que analizan su estructura conceptual y metodológica. De la misma manera, se adhieren a la tesis de que debido al trabajo de A. L. Lavoisier, muchos historiadores reducen los estudios de este modelo, a la sustitución del flogisto. Desde esta mirada dejan de lado la importancia que tuvo para los inicios definitivos de la construcción de la Química como una ciencia de la naturaleza. Proponen para la discusión, que dicho modelo se constituyó en una especie de “frontera” tal cual como esta geográficamente, por cuanto, sí se hace un desplazamiento hacia el pasado de los alquimistas artesanos, el lenguaje es sensiblemente diferente de aquel que se empezará a elaborar hacia el futuro.

**Palabras clave:** Frontera, Alquimia, modelo del flogisto, modelo de la oxidación.

### ABSTRACT

In this communication the authors dealing with a historical approach to the origins of the model formulation of phlogiston, at the same time they analyze their conceptual and methodological structure. In the same way, stick to the thesis that due to the work of A. L. Lavoisier many historians reduce studies of this model, the replacement of the phlogiston. Since this gaze swept aside the importance for the beginning of the final construction of Chemistry as a science of nature. Proposed for discussion, that the

model was in a kind of "border" such as this which geographically, by how much, if it makes a shift toward the last craftsmen of the alchemists, the language is significantly different from the one that will begin to develop into the future.

**Key words:** Border, Alchemy, model of the phlogiston, model of the oxidation.

## INTRODUCCIÓN

Para efecto de reconstrucciones históricas de los modelos o teorías de las ciencias, los especialistas (Kragh, 207; Fara, 2009) están de acuerdo que el colectivo de interesados en la interpretación de un hecho relevante para esa reconstrucción, pueden dividir el espacio temporal de conformidad con sus intencionalidades. Algo análogo se sostiene aquí en relación con la utilización de la analogía geográfica de “frontera”, puesto que se considera apropiada para una explicación no habitual del modelo del flogisto; algo semejante se propone en cuanto a lo que significó tanto la publicación del “*Tratado Elemental*” como la elaboración de una nueva nomenclatura química, por parte de A. L. Lavoisier (1743 – 1794) y su equipo de especialistas, incluida su esposa, Marie Anne Pierette Paulse.

Una frontera geográfica, creada por decisiones históricas, políticas y económicas, determina una región en la que quienes habitan a la margen izquierda comparten lenguajes, usos y costumbres con quienes habitan a la margen derecha (sur norte, este oeste). En la medida en que un analista se interna y se aleja en el estudio del lenguaje, usos y costumbres de cualquiera de esos márgenes, encuentra que se producen cambios significativos en aquello que se hace objeto de significación de atención y de trabajo. Se intentará demostrar en esta comunicación que el flogisto es una especie de frontera en la que los practicantes siguen concibiendo los “fenómenos químicos” desde unas perspectivas alquimistas modificadas. Hacia adelante, históricamente, introduce poco a poco lecturas y formas nuevas de mirar que generarán las transformaciones introducidas por Lavoisier.

## HACIA LA IZQUIERDA DE LA FRONTERA

Tomando como punto de partida a Theophrastus Bombastus von Hohenheim, “Paracelso” (1493 – 1541), sus postulados estuvieron basados en el supuesto alquímico de que los cuerpos estaban compuestos de tres principios, la sal, el azufre y el mercurio, no siendo estos el compuesto y los elementos que posteriormente serán objeto de estudio de los químicos, puesto que para él los metales estaban compuestos por dos principios, el azufre y el mercurio; la historia hará referencia a estos

planteamientos, como la Química de los principios. Así, el principio mercurio, confería el brillo metálico y la fluidez, mientras que el principio sulfúrico la combustibilidad. Estos planteamientos son conocidos como la doctrina de la “*Tría prima*”, que de alguna manera está conectada con la de los elementos y principios de Aristóteles. El mercurio, se corresponde con el agua, lo frío y lo húmedo; el azufre, lo seco y caliente, la inflamabilidad; y, la sal, lo frío y seco, la tierra (Brock, 1998).

Estos principios fueron rechazados por J. B. van Helmont (1577 – 1644), cuyas consideraciones fueron punto de partida para las elaboraciones de R. Boyle (1627 – 1691), por cuanto, si bien no de manera específica, dio entrada al pensamiento mecanicista y a una racionalidad en la que las descripciones de los resultados experimentales empezaron a sustituir el lenguaje confuso y enmarañado de los alquimistas. Sostuvo que sólo que solo podía haber dos elementos, el aire y el agua, conclusión a la que llegó con su conocido experimento de los árboles, en el que el agua se transmutaba en tierra. De los resultados con otros trabajos como la disolución de material vegetal en ácido nítrico, estipuló que el proceso inverso era factible, la conversión de tierra en agua, de donde dedujo que la tierra no era un elemento puro; es posible pensar que este es el origen temprano de la reversibilidad. Es reconocido su ensayo sobre la combustión de madera en un recipiente cerrado en la que una explosión lo condujo a explicar el resultado obtenido en términos de pérdida de su “*espíritu sylvestre*” (Schneer, 1975).

R. Boyle fue partidario de la aproximación epistemológica empirista elaborada por F. Bacon (1561 – 1622). Su época se caracteriza por el renacimiento de la filosofía de los atomistas griegos, entre las cuales cabe mencionar la obra del alquimista árabe Jabir ibn Hayan (Geber), quien vivió hacia el 776 d. C., “*Summa perfectionis*”, en la que acude a los “*minima naturalis*”, de Aristóteles; de igual manera, hay que señalar que en 1473 se había redescubierto el libro de Lucrecio, “*De rerum natura*”, en la que expone la concepción atomista de esos filósofos. Hay que destacar, que el principal defensor de esta mirada fue el francés P. Gassendi (1592 – 1655), en su libro de 1602, “*Philosophiae epicuri syntagma*”.

Boyle fue partidario de la Alquimia exotérica y adelantó trabajos en este arte. En su “*The sceptical chymist*”, critica la química peripatética de Aristóteles, la espagírica de Paracelso y Van Helmont así como la propuesta de la concepción acerca de la sustanciación de las propiedades físicas y químicas, como formas y cualidades sustantivas preexistentes. Acepta la concepción particularista de la materia que, a mediados del siglo XVII, la filosofía mecanicista y corpuscular empezó a ser aceptada de manera progresiva. De origen irlandés, gozó de una posición acomodada, a la vez que hizo parte del grupo que contribuyó a la creación de la “*Royal Society*”, como también a la institucionalización de la actividad científica (Echeverría, 1998), con el

establecimiento de jornadas públicas con el fin de que las personas presenciaran la realización de experimentos novedosos (Fara, 2009).

En esta linealidad inevitable, el desplazamiento se acerca hacia la derecha a J. Becher (1668 – 1738) consignada en su “*Physica subterranea*”, que dio a conocer en 1667. De él se dice que fundó en Viena una escuela técnica en el mismo año, para fomentar el comercio y la industria. Varios años después se trasladó a Holanda, con la intención de desarrollar un proyecto que buscaba obtener oro a partir de la plata empleando arena del fondo del mar. Existe el supuesto de que murió en Londres, después de llevar a cabo una investigación sobre las técnicas mineras de Cornualles. (Brock, 1998). Estas referencias dan pie para concluir que practicaba la Alquimia exotérica, sin descartar la esotérica.

En el libro citado, Becher aborda el viejo problema del desarrollo de los minerales económicamente rentables. Con una marcada tendencia religiosa, el libro presenta un tono de tipo vitalista y aproximaciones a las ideas de Paracelso. Se opone a Van Helmont, por cuanto este reduce los elementos al agua, contradiciendo lo estipulado en el Libro del Génesis. En virtud de que los minerales se habían formado con posterioridad a la del mundo orgánico, planteó que se habían generado a partir de la tierra y el agua. Si bien rechazó la “*Tría prima*” de Paracelso, no obstante postuló que existían tres tipos de tierras que participaban en la constitución de las sustancias. La “*Terra fluida*” o tierra de mercurio, responsable de la fluidez, sutileza, volatilidad y del carácter metálico de las sustancias; la “*Terra pinguis*” o tierra crasa, que proporciona las cualidades oleosas, sulfúreas y de combustibilidad; y, la “*Terra lapídea*” o tierra vítrea, que confiere el principio de fusibilidad (Brock, 1998; Schneer, 1975).

Stahl se inscribe en las diferencias entre la concepción atomística de Boyle y Newton, apartándose de ellas en que, si bien para él la materia se hallaba ordenada y jerarquizada en grupos que formaban los “mixtos” o compuestos, no obstante, se basó en la existencia de cuatro tipos básicos de corpúsculos, es decir, como ya se aludió, en las tres tierras de Becher y el agua como elemento. Denominó la “*Terra pinguis*” de Becher, flogisto (Schneer, 1975) y conceptualizó que los cuatro elementos se combinan entre sí por afinidad o por cohesión del agua, para formar principios secundarios. Las posteriores combinaciones de dichos principios secundarios daban origen a cuerpos mixtos como los metales y las sales. Siguiendo a Boyle, para que estos principios secundarios y los cuerpos mixtos tuvieran presencia, las partículas de los elementos y de tales principios secundarios tenían que agregarse entre ellos (Brock, 1998).

## **ACERCA DEL FLOGISTO COMO FRONTERA**

Con miras a justificar la analogía de frontera, El modelo del flogisto o la teoría del flogisto como se conoce en la historia de la Química, se suele centrar en este, precisamente porque desde el trabajo de Lavoisier, se ha supuesto que se trató de la simple sustitución por el oxígeno, lo cual es un gran error conceptual y metodológico (Bensaude – Vincente, 1991). Sin embargo, Stahl formula una teoría en la que por primera vez se establece una explicación para dos procesos que se consideraban eran diferentes que carecían de una conectividad explicativa, el de la combustión y el de la calcinación. En virtud de que el primero era propio de las sustancias de origen orgánico y en algunos de ellos solo quedaban cenizas y con ellas prácticamente no se podía elaborar una explicación de carácter químico, echar pie atrás, la atención se desplazó hacia el segundo, el de la calcinación que producía cales, como se denominaban para la época los óxidos metálicos. Esta atención condujo igualmente a explicar el proceso contrario el de la obtención de los respectivos metales a partir de sus cales, con lo cual se introdujo también por primera vez, la idea de una supuesta reversibilidad (Brock, 1998; Schneer, 1960).

Unos de los argumentos que se han esgrimido contra la propuesta de Stahl es el aumento de peso del producto de la calcinación de los metales, es decir, las cales pesaban más que los metales de partida. Dígase que este problema ya había sido en 1630 observado por J. Rey (xxxxxx), quien lo atribuyó, en su “*Essay sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb calcinés augmenten de poids*” a la influencia de aire. Agréguese que un ayudante de laboratorio de Boyle, de nombre Hankewitz, comunicó que el fósforo cuando era sometido a combustión aumentaba de peso. J. Mayow dio una explicación análoga, lo que podría decir que la participación del aire había sido puesto en el tapete de la discusión el problema sobre el cual entrará a resolver Lavoisier. No obstante, antes habrá una propuesta emergente a principio de 1772, en la que Guyton de Morveau da cuenta del aumento de peso del plomo y del estaño por calcinación, aduciendo que el flogisto posee un peso negativo (Bansaude – Vincent, 1991; Lockemann, 1960).

Una mirada retrospectiva sobre el modelo del flogisto conduce a la analogía de que este estableció una especie de frontera en términos geográficos, puesto que estableció unos límites con respecto al pasado en que se encontraban los alquimistas artesanos con un lenguaje y una manera de operar sobre la materialidad de las cosas del mundo; y, hacia el futuro, cuya frontera va estar delimitada por el modelo de la oxidación o del oxígeno de Lavoisier, quien elaborará un nuevo lenguaje para la Química y los químicos.

Unos de los argumentos que se han esgrimido contra la propuesta de Stahl es el aumento de peso del producto de la calcinación de los metales, es decir, las cales pesaban más que los metales de partida. Dígase que este problema ya había sido en

1630 observado por J. Rey (xxxxxx), quien lo atribuyó, en su “*Essay sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb calcinés augmenten de poids*” a la influencia de aire. Agréguese que un ayudante de laboratorio de Boyle, de nombre Hankewitz, comunicó que el fósforo cuando era sometido a combustión aumentaba de peso. J. Mayow dio una explicación análoga, lo que podría decir que la participación del aire había sido puesto en el tapete de la discusión el problema sobre el cual entrará a a resolver Lavoisier. No obstante, antes habrá una propuesta emergente a principio de 1772, en la que Guyton de Morveau da cuenta del aumento de peso del plomo y del estaño por calcinación, aduciendo que el flogisto posee un peso negativo (Bansaude – Vincent, 1991; Lockemann, 1960).

Una mirada retrospectiva sobre el modelo del flogisto conduce a la analogía de que este estableció una especie de frontera en términos geográficos, puesto que estableció unos límites con respecto al pasado en que se encontraban los alquimistas artesanos con un lenguaje y una manera de operar sobre la materialidad de las cosas del mundo; y, hacia el futuro, cuya frontera va estar delimitada por el modelo de la oxidación o del oxígeno de Lavoisier, quien elaborará un nuevo lenguaje para la Química y los químicos.

## **LA QUÍMICA DE LOS GASES**

Si bien la identificación y determinación de las propiedades de gases como el bióxido de carbono, el hidrógeno y el oxígeno cumplieron un papel significativo en el abandono del modelo del flogisto, el origen de la Química neumática (Idehe, 19xx) no tuvo este propósito. En efecto, los inicios de esta Química se encuentran en el problema técnico que presentó la bomba impelente – expelente de Ctesibio de Alejandría, empleada durante toda la Edad Media para achicar las minas; problema este que consistía en que no elevaba el agua cuando la profundidad del socavón superaba los 14 metros. El problema se lo plantearon a Galileo y este no pudo encontrarle una solución. Los historiadores sostienen que en su lecho de muerte rogó a sus discípulos E. Torricelli (1608 – 1647) y V. Viviani (1622 – 1703) que se ocuparan de resolverlo (Gribbin, 2005).

Los dos lo delimitaron de una forma ingeniosa, ya que en vez de agua emplearon mercurio, con el que llenaron una cubeta y un tubo graduado cerrado por uno de sus extremos. Procedieron a introducir dicho tubo dentro de la cubeta tapando el extremo abierto con el dedo y cuando lo retiraron, la columna de mercurio dentro del tubo bajó hasta ocupar una altura de 75 centímetros (nivel del mar). Concluyeron que se producía un equilibrio mecánico entre el peso del mercurio en el tubo y el peso de la columna de aire sobre la superficie de este metal en la cubeta. Las formulaciones

matemáticas correspondientes les condujo a crear el concepto de presión atmosférica y por supuesto, al instrumento para medirla, el barómetro (Gallego Badillo, Pérez Miranda y Gallego Torres, 2009).

El espacio por encima de la superficie dejado dentro del tubo por el desplazamiento de la columna de mercurio se denominó vacío barométrico o vacío de Torricelli, el cual fue interpretado en contra de la aseveración de Aristóteles de que la naturaleza le tenía horror al vacío y de que el ser humano podía crearlo. Es factible que la comunicación de estos resultados fueran conocidos por O. von Guericke (1602 – 1686), en su momento burgomaestre de la ciudad alemana de Magdeburgo. Con ayuda de los artesanos diseñó y fabricó un pistón encerrado en un cilindro con miras a duplicar el vacío de Torricelli, inventando la bomba neumática (Schneer, 1975). Disponiendo de esta, diseñó una válvula y mando a construir dos hemisferios; dispositivos estos con los cuales realizó el primer experimento público en la historia de las ciencias en Occidente. Demostró que el aire tenía peso.

La pregunta que vendrá será ¿Qué es el aire?, ¿Un elemento aristotélico como el agua, la tierra y el fuego? De algo habría que estar seguro, la conclusión de que el aire pesaba hará que paulatinamente deje de ser algo metafísico y pase a ser pensado como un ente material, por lo que será necesario construir una explicación mecanicista de sus propiedades físicas. Más allá de este punto de vista, para esclarecer su composición, será menester desarrollar un andamiaje técnico que posibilite confinar muestras del mismo en un recipiente.

Los historiadores (Schneer, 1975) están de acuerdo que R. Boyle tuvo acceso a los resultados de este experimento en 1657, en el momento en que se hallaba construyendo un laboratorio en Oxford. Al parecer intuyó que este le serviría para hacer de la Química una rama de la filosofía natural. Convocó entonces a R. Hooke, quien se ocupó de rediseñar la bomba neumática de Von Guericke, con la que ambos realizaron todos los experimentos en torno a la corporeidad del aire. Entre otras consecuencias, de estos trabajos se derivará la Ley de la relación inversa entre la presión y la temperatura, desde una perspectiva mecanicista en la que el aire es asumido como un fluido elástico, como un todo; entra en la historia la posibilidad de trabajar los aires.

## **LA IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL BIÓXIDO DE CARBONO**

Como ya se anotó, Van Helmont fue el primero que se percató de su existencia en la combustión de carbón vegetal y lo denominó “espíritu silvestre”. S. Hales (1677 – 1761), quien repitió los trabajos de Van Helmont y midió cuidadosamente el volumen

de cada uno de los “aires” desprendidos de diversas sustancias, lo denominó “aire estable”. J. Black, en su trabajo con los carbonatos de calcio y magnesio cuando se les hace interactuar con ácidos, obtuvo el mismo “aire” y le dio un nuevo significado al “aire estable” de S. Hales, denominándolo “aire fijo”. Puntualizó que se comportaba siguiendo la ley de Boyle – Mariotte y afirmó que carecía de peso. Si bien precipitó el carbonato de calcio haciendo burbujear este gas en una lechada de cal, no alcanzó a conceptualizar la idea de reacción reversible. H. Cavendish, por el contrario, pesó por primera vez, la cantidad de “aire estable” que obtuvo a partir del mármol por medio de la acción de un ácido.

### **EL CASO DEL HIDRÓGENO**

H. Cavendish también obtuvo el “aire inflamable”, que ya había sido detectado por Boyle, por acción de ácido sulfúrico diluido sobre hierro. Midió su densidad, determinó sus propiedades y llegó a la conclusión que formaba una mezcla explosiva. Interpretó los resultados estableciendo que cuando las sustancias metálicas se disuelven en espíritu de sal o en ácido vitriólico diluido, su flogisto sale de ellas y se forma el “aire inflamable”; este “aire” pasó a ser identificado como flogisto puro, al igual que Stahl lo había hecho con el carbón vegetal.

### **EL OXÍGENO ENTA EN ESCENA**

J. Priestley, quien disponía de un laboratorio bien dotado para la época y lejano ya de los de los alquimistas artesanos, aisló, conservó y determinó las propiedades de varios gases. A uno de ellos, del que obtuvo en 1774 una botella de 35 centímetros, por acción de la luz solar concentrada sobre la cal roja de mercurio, al identificar sus propiedades le dio el nombre de “aire desflogistizado”, en cuyo seno un ratón podía vivir por largo tiempo, fuera de que avivaba la combustión. Aisló también el “aire nitroso” y el “vapor nitroso”, entre otros. C. W. Scheele, de sus experimentos con los “aires”, conceptuó que el aire ordinario estaba conformado por la mezcla de dos fluidos diferentes, uno de los cuales no manifestaba atracción por el flogisto, mientras que el otro la sentía de una manera bastante acusada; llamó al primero “aire sucio” y al segundo “aire de fuego”, el mismo que Priestley había llamado “aire desflogistizado” (Schneer, 1975; Lockemann, 1960).

### **LOS INICIOS DE LOS TRABAJOS CON EL AGUA**

En 1781, H. Cavendish hace arder el “aire inflamable” en el seno de un recipiente con “aire desflogistizado” y se percató que sobre las paredes de la campana neumática, se formaba un vaho húmedo. Propone entonces que se redefina el “aire desflogistizado” de Priestley como “agua desflogistizada”, a lo que este último replica que es el “aire inflamable” el que es agua sobrecargada de flogisto y que en la combustión este flogisto es cedido al “aire desflogistizado”.

## EL MODELO DE LA OXIDACIÓN

Reitérese que muchos autores suelen afirmar que A. L. Lavoisier introdujo la balanza en las investigaciones químicas, desconociendo que esta ya era parte de los instrumentos de laboratorio aún cuando le dio un nuevo significado a su utilización convirtiéndolo en un instrumento científico. Se asevera que como consecuencia de su papel como recolector de impuestos, adquirió la metódica de un contabilista, esto es de revisar los “debes”, los “haberés” y los “saldos”, de manera meticulosa. Esta actitud la trasladó a actividad en el campo de la Química (Bensaude – Vincent y Stengers, 1997). Por otro lado, se ha negado que Lavoisier introdujo en la práctica química la metodología cuantitativa, puesto que esta ya venía siendo empleada por químicos como Cavendish y Priestley.

Antes de analizar la “revolución científica” llevada a cabo por Lavoisier, es preciso anotar que su trabajo experimental contra la idea de los alquimistas de la transmutación del agua en tierra fue en el que demostró que el peso del precipitado originado por ebullición del agua, era equivalente al peso perdido por el recipiente de vidrio; para ese tiempo las técnicas de fabricación de los recipientes de vidrio, adolecían de esta calidad. En 1772, repitió el ensayo realizado en Florencia en 1694, por G. Averani (1662 – 1738) y C. A. Targioni (1672 – 1748), en el que en el foco de un espejo ustorio colocó un diamante para volatilizarlo y obtuvo el mismo “aire fijo”, de Hales, Black y Cvendish. Concluyó que el diamante era carbono puro.

Lavoisier emprende su trabajo repitiendo la experiencia sobre el aumento de peso del azufre e interpretándolo en términos del papel jugado por el oxígeno. Para asegurarse la prioridad de su autoría, en 1772 la envía en sobre lacrado a la Academia de Ciencias, aun cuando parece que no se hallaba en posesión de un convencimiento demostrable. Algunos historiadores de la Química (Lockemann, 1960), afirman que en 1774, Priestley, quien había llegado a Paris como secretario de Lord Shelburn, asistió a una comida que Lavoisier y Maria Anne, ofrecieron a los viajeros y a la que asistieron varios sabios parisienses. En ella, Priestley refirió con detalles sus ensayos con el “aire desflógisticado”, obtenido a partir del rojo “*praecipitatus per se*” y describió las extraordinarias propiedades de dicho “aire”. Lavoisier repitió con su mentalidad de contabilista paso a paso y de manera metódica los ensayos de Priestley. El año siguiente, 1775, dio una conferencia en esta Academia que tituló “*Acerca de la naturaleza del principio que se une a los metales en la calcinación y les hace aumentar de peso*”. En ella no hizo reconocimiento alguno de Priestley, de Scheele ni de P. Bayen.

Sin embargo, tardó varios años en liberarse completamente de las ideas que procedían de los químicos artesanos (Bensaude – Vincent y Stengers, 1997), ya que consideró inicialmente que el “aire del fuego” o “aire desflógisticado” era una combinación del “principio acidificante” o “principio oxígeno” con la sustancia del calor. El lector no

ha de confundir este “principio oxígeno” con el elemento “oxígeno”. Lavoisier se halla aún en la “*Química de los principios*”, reflejada en su comunicación de 1777, “*De la combustión en general*” (Bensude – Vincent, 1998), por lo que reducir el proceso histórico a un simple remplazo del “principio flogisto” por el “principio oxígeno”, deja de lado toda la complejidad que ello significó.

Enuncia la Ley de la conservación de los pesos en las reacciones químicas. Es posible que para ello acudiera a la analogía de la balanza en equilibrio, en la que los pesos de los reactantes, en el platillo de la “izquierda”, son equivalentes a los de los productos, en el platillo de la “derecha”. Establece una representación algebraica de la reacción química, posiblemente con la asesoría de P. S. de Laplace. Esta matemática es introducida en las explicaciones químicas. Propondrá también, una concepción de “elemento”, de carácter operacional, ya que especificará que es aquella “sustancia simple” que no es posible descomponer en el laboratorio en otras más elemental (Bansaude – Vincent, 1989). Esta noción aparece por primera vez en la historia de la Química en 1661, con una connotación distinta de la aristotélica, en “*Chymista scepticus*” de Boyle, en la que se refiere ciertos cuerpos primitivos y simples en los que no hay mezclas y que no son productos de otros (Schneer, 1975). Ha de resaltarse para evitar equívocos históricos y conceptuales, que el concepto de elemento químico que se maneja en Química, tiene su origen, con las modificaciones posteriores, en la Tabla Periódica de D. Mendeléiev (1834 – 1907).

No obstante, es la conceptualización operacional de “elemento” de Lavoisier (Brock, 1998), la que habría de posibilitar una representación específica de las reacciones químicas. Para que esta fuera ajustada en términos de los pesos como la equivalencia del número de moles de reactantes y de productos, habrá que esperar a la propuesta que llevó al congreso celebrado en la ciudad alemana de Karlsruhe, en 1860, S. Cannizzaro (1826 – 1910), una de cuyas consecuencias fue la admisión definitiva de la “Hipótesis de Avogadro” (1776 – 1856), según una reconstrucción histórica que se ha adelantado (Gallego Badillo, Gallego Torres y Pérez Miranda, 2012). Los autores de esta reconstrucción, con propósitos didácticos, se atreven a proponer el supuesto principio de de esa representación.

Cal menos flogisto produce el metal. / Óxido metálico más carbón vegetal, produce el metal más bióxido de carbono.

Metal más flogisto produce Cal. / Metal más oxígeno, produce Óxido del metal.

“Aire inflamable” más “Aire desflogistizado” produce Agua. / Hidrógeno más Oxígeno produce Agua.

## **PALABRAS FINALES: LA NUEVA FRONTERA**

Las lecturas hoy olvidadas acerca de la historia de la construcción de la Química, han sido pervertidas por una versión de Química reducida didácticamente a sus aspectos meramente técnicos. Por otro lado, al modelo de Stahl se le atribuyó como elemento central y único ese hipotético artificio explicativo que él llamo flogisto, algo que es un gran equívoco. En este sentido, se transmite la idea de que el papel de Lavoisier fue reemplazarlo por el oxígeno. Ambos modelos pasaron a ser parte de la historia de la Química. No obstante, con el modelo de la oxidación o del oxígeno, Lavoisier enseñó a los químicos que debían concentrar su atención en el peso, el número y la medición. Así, al terminar el siglo XVIII, J. B. Richter (1762 – 1807), desde la creencia de que “Todo ha sido ordenado por Dios según medida, numero y peso”, tomada del “*Libro de la Sabiduría*”, Cap. XI, v., 22, crea la “*Estequiometría o ciencia de medir los elementos químicos*”, que consigna en tres tomos, entre 1792 y 1793 (Lockermann, 1960).

En esta línea de pensamiento, J. L. Proust (1755 – 1826) establecerá la constancia de la composición de los compuestos, con la Ley de las proporciones definidas o constantes, en oposición a C. L. Berthollet (1748 – 1822) que la negaba. J. Dalton (1776 – 1844) en 1807, publica su “*A new system of Chemical Philosophy*” en el que, expone su modelo atómico en los capítulos “*Acerca de la constitución de los cuerpos*” y “*Acerca de la composición química*”. En 1804, Dalton enuncia la Ley de las proporciones múltiples, la tercera a partir de la cual fue posible que en la segunda mitad del siglo XIX, con la construcción de la Química estructural, esta actividad fuera admitida socialmente y adquiriera el estatuto institucional. La cuarta Ley es la formulada por J. L. Gay – Lussac (1787 – 1850). Para explicar esta Ley que aparentemente contenía una extraña aritmética, A. Avogadro (1776 – 1856) formuló en 1811, el “*Principio o Ley*” que lleva su nombre (Lockermann, 1960). Sin embargo, su importancia no será reconocida sino después del Congreso de Karlsruhe (Gallego Badillo, Gallego Torres y Pérez Miranda, 2012).

Para destacar, el “*Tratado elemental*” introdujo un cambio en la versión de Química que se hacía objeto de enseñanza. Y, se supone en esta comunicación, que cambió la labor didáctica desempeñada por Gay – Lussac en la Escuela Politécnica y en el Jardín de Plantas. L. J. Thénard (1777 – 1857), decano de la Facultad de Ciencia de París. M. Berthelot (1827 – 1907), profesor del Colegio de Francia, de la Escuela de Farmacia, entre otros (Bensaude – Vincent y Stengers, 1997). Estos personajes se constituyeron como líderes en la enseñanza de esa nueva actitud frente al proceso de producción de conocimiento químico, establecido por Lavoisier. Su resonancia alcanzará la década del cuarenta del siglo XIX, cuando J. von Liebig (1803 – 1873) organizará el primer programa académico para la formación profesional de químicos, que incorporará la tradición de los alquimistas artesanos, de que la química se construye a partir de una inmersión de muchas horas diarias en el “*Laboratorium*”.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bensaude – Vincent, B. (1991). Lavoisier: una revolución científica. En: *Historia de las ciencias*, Serres, M. (ed.), pp. 410 – 435. Madrid: Cátedra.
- Bensaude – Vincent, B. y Stengers, I. (1997). *Historia de la Química*. Madrid: Addison – Wesley.
- Brock, W. H. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Alianza.
- Schneer, C. J. (1975). *Mente y materia*. Barcelona: Bruguera.
- Fara, P. (2009). *Breve historia de la ciencia*. Madrid: Ariel.
- Kragh, H. (2007). *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

**Rómulo Gallego Badillo**

[rgallego@pedagogica.edu.co](mailto:rgallego@pedagogica.edu.co)

Profesor Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D. C. Colombia.

**Royman Pérez Miranda**

[royman@pedagogica.edu.co](mailto:royman@pedagogica.edu.co)

Profesor Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D. C. Colombia.

Grupo IREC.