

Historia de la Tabla Periódica de los Elementos

Parte II

José Adrián Peña Hueso*

Resumen

La historia de la tabla periódica es una parte importante de la historia de la química y del entendimiento que tiene la humanidad sobre el mundo que la rodea. Entre los 4 elementos griegos y los 118 que conocemos, hubo conceptos equivocados y acertados, hasta llegar al ordenamiento que tenemos ahora. La tabla periódica cumple 150 años en 2019 y vale la pena recordar a todos aquellos que contribuyeron a su concepción, desde que el hombre empezó a transformar un mineral en un metal, pasando por la alquimia, hasta que comprendió la constitución de la materia a nivel subatómico.

El nacimiento de una Ciencia

A finales del siglo XVI y principios del siglo XVII la filosofía natural a nivel mundial iba en ascenso y la alquimia no fue la excepción; el médico Jan Baptist van Helmont (1580-1644) fue uno de los influenciados por Paracelso en comprobar los hechos con experimentos e hizo amplio uso de la balanza. En su experimento más famoso, pesó una plantita de sauce y la plantó en una maceta con 200 libras de tierra, protegió la maceta para evitar que acumulara polvo y regó la plantita sólo con agua destilada. Después de 5 años sacó la planta y encontró que pesaba 169 libras y 30 onzas, mientras que la tierra seca había perdido tan sólo 2 onzas de peso. Con este simple experimento van Helmont llegó a la conclusión de que el tronco, las ramas y las hojas de la planta debían estar formadas de agua, por lo que creyó que el agua era el único elemento. Poco después, van Helmont pensó que el aire debía tener un papel fundamental en la transformación del agua, así que decidió estudiar el aire. Antes de él nadie en absoluto había pensado en estudiar el aire, nadie siquiera se había preguntado qué era el aire, el aire era aire. Incluso cuando en una reacción química se desprendía algún gas, era considerado aire y nadie lo tomaba en cuenta. Van Helmont aisló el gas obtenido al quemar carbón, lo estudió y se dio cuenta que no era simplemente aire; a pesar de lucir como aire, una vela no ardía en él. También descubrió que era el mismo desprendido durante la fermentación. Acuñó la palabra gas para designar a este estado de la materia y llamó a su nueva sustancia espíritu silvestre.

Con los numerosos descubrimientos en otras áreas, particularmente en física y el cambio de mentalidad entre los filósofos naturales, la alquimia se encaminaba a una transformación. La figura más importante de este periodo fue el inglés Robert Boyle (1627-1691), quien estudió minuciosamente los gases y descubrió que el volumen que ocupa un gas depende directamente de la presión. Boyle inició la práctica de describir sus experimentos de manera clara y comprensible, de manera que pudieran ser repetidos y confirmados por otros filósofos naturales, diametralmente

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	<i>Noms nouveaux.</i>	<i>Noms anciens correspondans.</i>
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
	Calorique.....	Matière du feu & de la chaleur.
	Oxygène.....	Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Bâse de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofete. Bâse de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Bâse du gaz inflammable.
<i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
	Radical boracique..	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arfenic.....	Arfenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
<i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercuré.....	Mercuré.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
<i>Substances simples salifiables terreuses.</i>	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, bâse du sel d'Épſom.
Baryte.....	Barote, terre pesante.	
Alumine.....	Argile, terre de l'alun, bâse de l'alun.	
Silice.....	Terre fliceuse, terre vitrifiable.	

Figura 1. Tabla de elementos de Lavoisier de 1789.

opuesto a la antigua costumbre de escribir los experimentos en clave o de forma vaga para que nadie más pudiera hacerlos. La obra maestra de Boyle fue su libro *El Químico Escéptico*, publicado en 1661, en el cual ataca directamente a los cuatro elementos de Aristóteles y los tres principios de Paracelso, dando los argumentos por los que no los considera elementos y aunque no puede saber qué sustancias son elementos ni cuántos hay, define lo que es un elemento en la página 350:

Ahora por elementos quiero decir, como esos químicos que por sus principios hablan claramente, ciertos cuerpos primitivos y simples, o perfectamente no mezclados, que no están hechos de otros cuerpos o unos de otros, son los ingredientes de los cuales esos llamados cuerpos perfectamente mezclados están inmediatamente compuestos y en los cuales están últimamente resueltos.

Boyle no hablaba tan claramente como él pensaba, pero, dicho en otras palabras, un elemento es una sustancia que no se puede descomponer en otras sustancias más simples. Boyle también hace un esbozo de la teoría atómica en la página 42 de su libro:

Porque si asignamos a los corpúsculos, de los que cada elemento consiste, una forma y tamaño particular, puede ser fácilmente manifestado que tales corpúsculos diferentemente figurados puedan ser entremezclados en varias proporciones y puedan estar conectados en muchas formas diferentes, de tal forma que casi un número increíble de sustancias puede estar compuesto de ellos.

Boyle también elimina el prefijo al- y usa la palabra química (chymist), por eso y por la nueva forma de pensar, generalmente se le considera el primer químico moderno. A pesar de ello, Boyle no escapó de la alquimia, creía que la creación de oro era posible y usó sus influencias en la recién creada Real Sociedad para que el parlamento inglés revocara en 1689 la ley anti-alquimia que estaba en efecto desde 1404, pues si los ingleses lograban crear oro sería de gran beneficio para el país.

Por aquellos tiempos la alquimia iba en decadencia, ya tenía muy mala fama y no por poca cosa, más de 1000 años de fracasos y fraudes intentando producir oro habían sido suficientes para muchos, pero incluso el gran Isaac Newton fue alquimista.

Hennig Brand (ca. 1630 - ca. 1710) es considerado por muchos el último alquimista; vivía en Hamburgo, buscando la piedra filosofal, como hacía la mayoría y aunque no fue el último, fue tal vez el último que hizo un descubrimiento para la posteridad. Paracelso decía que la naturaleza nos enseña sus secretos de manera simbólica por medio de sus formas y colores; siguiendo esa idea, seguramente la piedra filosofal sería obtenida de algo amarillo; también había quien decía que la piedra filosofal podría ser obtenida del cuerpo humano... Para Brand eso indicaba una cosa ¡la orina era la clave! Así que diligentemente inició un estudio de la orina humana para encontrar el secreto; en 1669 juntó cincuenta baldes de orina, la dejó evaporar y pudrir hasta que crecieron gusanos, la hirvió hasta que quedó un residuo pastoso, dejó reposar el residuo hasta que se volvió negro, destiló esta mezcla y colectó los vapores en un matraz sumergido en agua. Los vapores se condensaron en un sólido blanco ceroso que brillaba al ser expuesto al aire y a veces ardía espontáneamente. Llamó a esta sustancia fósforo; aunque

pensó que había descubierto la piedra filosofal eventualmente se dio cuenta que era inútil como tal, así que lo empezó a vender manteniendo la fórmula en secreto. Brand nunca supo capitalizar su descubrimiento y vendió su fórmula a otro alquimista, que se enriqueció dando espectáculos por Europa con esta maravillosa sustancia. Robert Boyle eventualmente obtuvo pistas de su origen y descubrió como fabricar fósforo de una manera mucho más eficiente. Hennig Brand no encontró la piedra filosofal, pero sí encontró la inmortalidad al pasar a la historia como el primer descubridor de un elemento de quien conocemos su identidad.

Muchos son los químicos que empezaron a sobresalir en Europa por estas fechas, entre ellos el alemán Georg Ernst Stahl (1659-1734), quien adaptó una teoría de Johann Joachim Becher (1635-1682) y alrededor de 1720 propuso la primera teoría plausible en la química que abarca los procesos de oxidación y combustión, indicando que en realidad son la misma cosa. Fue un gran paso en el entendimiento de los procesos químicos, desafortunadamente

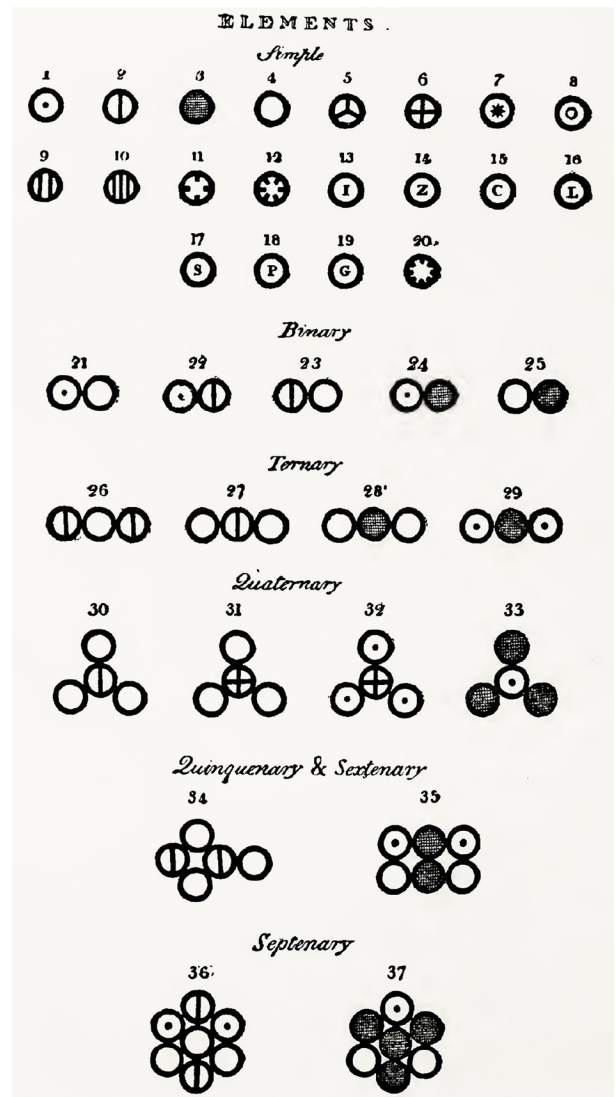


Figura 2. Símbolos de los átomos de Dalton de 1808.

fue un mal paso. Stahl decía que una sustancia llamada flogisto escapaba de una sustancia cuando se quemaba o de un metal cuando se convertía en cal y para revertir el proceso se tenía que añadir flogisto. Por lo tanto, un metal era un compuesto de cal y flogisto y la madera un compuesto de ceniza y flogisto. Recordemos que se llamaba cal a lo que ahora conocemos como óxido. Cuando se quema un trozo de madera es evidente que algo escapa y las cenizas pesan mucho menos, pero no es el caso cuando un metal se convierte en cal, pues la cal de un metal pesa más que el metal de donde proviene; sin embargo, eso no desanimó a los químicos que culpaban a la baja pureza de sus compuestos, no le daban importancia al peso de las sustancias o decían que el flogisto tenía un peso negativo, dependiendo lo que conviniera.

El ímpetu de Boyle y el flogisto en el estudio del aire provocaron una generación de químicos neumáticos como Joseph Black (1728-1799), que estudió el aire fijo (dióxido de carbono) que desprendían los álcalis suaves (carbonatos) y Daniel Rutherford (1749-1819) que descubrió el aire nocivo o aire flogisticado (nitrógeno). También destaca Joseph Priestley (1733-1804), quien produjo varios aires y era un filósofo natural muy prolífico, aunque para él eso era un pasatiempo y pensaba que su contribución más importante eran sus escritos religiosos. Priestley no deseaba enriquecerse con la química y se negó a patentar el agua carbonatada. Entre sus descubrimientos está el aire deflogisticado (oxígeno), que obtuvo al calentar cal de mercurio (óxido de mercurio) y que posteriormente Lavoisier usaría para destruir la teoría del flogisto que Priestley tanto defendía.

Otro de los grandes químicos que se adhirió a la teoría del flogisto fue el inglés Henry Cavendish (1731-1810), una de las figuras más peculiares de la historia de la química. Cavendish era miembro de la nobleza y era inmensamente rico (tenía en el banco la cuenta más grande de Inglaterra), fortuna que usó para comprar material de laboratorio de la más alta calidad y los mejores aparatos disponibles. Cavendish era muy meticuloso en sus experimentos y se le recuerda por calcular la densidad de la Tierra. Cavendish estudió el gas que se desprende cuando los ácidos atacan a los metales, previamente observado por Boyle y seguramente por muchos antes que él, pero fue Cavendish quien estudió sus propiedades y lo llamó *aire inflamable*. Lo más importante fue que demostró que el agua no era un elemento, sino un compuesto de *aire inflamable* y *aire deflogisticado*; con eso moría el agua como elemento.

En este momento la química ya era una ciencia experimental, pero los químicos aún no sabían qué sustancias eran elementos. La teoría dominante de la combustión estaba equivocada y la nomenclatura era muy confusa. Se necesitaba alguien que pusiera orden y resolviera los problemas.

Nace la Química moderna

Quien vino a solucionar todo fue sin duda el químico más brillante en esa época, el francés Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), considerado el padre de la química moderna. Lavoisier fue sobresaliente desde joven y fue admitido en la Academia de Ciencias a los 25 años. Lavoisier usaba la balanza para todos sus experimentos y llevaba registros meticulosos de todos ellos. Su libro, *Tratado Elemental de Química*, publicado en 1789, fue una verdadera revolución en la química. Por primera vez describe una nomenclatura sistemática que hace que los nombres signifiquen

algo; gracias a Lavoisier no decimos álcali fijo vegetal efervescente sino carbonato de potasio. También descalificó la teoría de la transmutación al probar que el agua no se convertía en tierra al hervirla durante un largo tiempo. Para esto, pesó un recipiente de vidrio llamado pelícano, añadió una cantidad conocida de agua, lo tapó bien, lo pesó de nuevo e hirvió el agua, que reflujo durante 101 días; después de ese tiempo el peso del recipiente cerrado no había cambiado; eso iba en contra de la idea de que partículas de fuego atravesaban el vidrio y se unían al agua para formar tierra. Sacó el agua, pesó el recipiente, pesó todo el sólido en el agua y probó su peso era justo lo que había perdido el recipiente; ahí murieron los cuatro elementos griegos.

Propuso la teoría de la oxidación y combustión con oxígeno y eliminó al flogisto. En cuanto a los elementos, dijo:

La Química camina hacia su objeto y su perfección, dividiendo, subdividiendo, y volviendo a dividir, e ignoramos cual será el término de sus investigaciones. No podemos asegurar, que lo que hoy miramos como simple lo sea efectivamente: lo más que podemos decir es que tal sustancia es el término actual adonde llega el análisis químico y que no puede subdividirse más según el estado actual de nuestros conocimientos.

Finalmente los verdaderos elementos eran reconocidos. Con base en eso, Lavoisier hizo una lista de las sustancias que él consideraba elementos y eran mucho más que cuatro, figura 1.

Lavoisier incluyó a la luz y al calórico como elementos, pues pensaba que eran sustancias. También tiene los 3 elementos gaseosos oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, después vienen los no metales, entre los cuales pone a tres elementos desconocidos porque no habían sido aislados, el radical muriático, el radical fluorico y el radical borácico. En realidad, el cloro ya lo había descubierto Scheele pero Lavoisier pensaba que era un compuesto. Luego vienen los metales y al final las tierras. Lavoisier no incluyó los álcalis fijos, sosa y potasa, porque estaba seguro de que eran compuestos; también creía que las tierras eran óxidos, lo cual es cierto. En lo que estaba equivocado era en pensar que todos los gases eran compuestos de una sustancia con calórico. La muerte de Lavoisier en la guillotina puso un fin prematuro a sus descubrimientos, pero la revolución en la química había iniciado.

Al terminar el siglo XVIII ya se conocían 34 elementos y los descubrimientos de nuevos elementos se hacían cada vez más comunes; Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) descubrió seis elementos, un récord que habría de durar hasta la era de la química nuclear. Aunque eso no significa en lo más mínimo que un elemento se descubriera sin contratiempos y muchos nuevos descubrimientos resultaron ser falsos. De hecho, hubo más descubrimientos falsos que auténticos y algunos fueron descubiertos dos veces. Para muestra, la historia del vanadio, descubierto en 1801 en México.

El vanadio es el único elemento descubierto en México, por el químico hispano-mexicano Andrés Manuel del Río Fernández (1764-1849). Del Río descubrió un nuevo mineral proveniente de la mina Cordonal en el estado de Hidalgo y lo llamó plomo pardo de Zimapán (actualmente llamado vanadinita); al estudiar este mineral se dio cuenta de que contenía un nuevo elemento y, fascinado por sus coloridas sales, lo llamó pancromio. Poco después lo llamó eritronio, en referencia a los compuestos rojos

que obtuvo cuando trataba las sales de su nuevo metal con el calor o con ácidos. Del Río le dio muestras del mineral a su amigo Alexander von Humboldt, así como documentos describiendo su descubrimiento para que fueran confirmados en Europa. Humboldt mandó una muestra del mineral al Museo de Historia Natural de Berlín y otra se la mandó al renombrado químico francés Hippolyte Victor Collet-Descotils (1773-1815). Sin embargo, los documentos acerca del descubrimiento nunca llegaron a Europa pues el navío que los llevaba naufragó. Collet-Descotils analizó el mineral en 1805 y llegó a la errónea conclusión de que contenía cromo y no un nuevo elemento. El análisis equivocado de Descotils y el parecido entre su eritronio y el cromo convencieron a Del Río de que, efectivamente, su nuevo mineral no contenía un elemento nuevo.

La segunda muestra de mineral se quedó en el museo hasta que el químico alemán Friedrich Wöhler (1800-1882) comenzó a trabajar en ella y se dio cuenta que las propiedades del metal que contenía no eran iguales a las del cromo. Desafortunadamente Wöhler se intoxicó con vapores de fluoruro de hidrógeno y dejó de trabajar en su laboratorio por varios meses. Mientras tanto Nils Gabriel Seftröm (1787-1845), un profesor de química en la Escuela de Minas de Falun, Suecia, trabajaba en un polvo negro obtenido a partir del hierro de la región y en 1830 se dio cuenta de que podría ser un nuevo elemento. Continuó sus estudios en el laboratorio de su asesor Jöns Jakob Berzelius (1779-1848) en Estocolmo. En 1831 Seftröm aisló el óxido del nuevo elemento que llamó primero odinio, en honor al dios nórdico del viento, Odín, pero por sugerencia de Berzelius decidió cambiarlo por vanadio, en honor a la diosa Vanadis, la esposa de Odín y símbolo de la belleza y del color. Wöhler se enteró del descubrimiento del vanadio y le mandó una muestra del óxido a Berzelius, reconociendo que Del Río había descubierto el vanadio 30 años atrás.

La teoría atómica

Mientras tanto, en Inglaterra, un humilde profesor de Manchester llamado John Dalton (1766-1844), trabajaba en estudios de meteorología, lo cual le hizo interesarse en las propiedades de los gases, como su expansión y su solubilidad en agua. Precisamente el análisis de la solubilidad de los gases lo convenció de que ésta dependía del tamaño de las partículas últimas que componían los gases. En un artículo leído el 21 de octubre de 1803 Dalton anunció su teoría atómica en una manera que le hubiera fascinado a Pierre Fermat:

Una investigación de los pesos relativos de las partículas últimas de los cuerpos es un tema, hasta donde sé, completamente nuevo; últimamente he estado trabajando en esta investigación con un éxito extraordinario. El principio no puede ser ingresado en este artículo, pero anexaré los resultados, hasta donde parecen ser confirmados por mis experimentos.

Aparentemente tampoco tenía suficiente espacio en el artículo para poner la prueba de sus experimentos, pero en este caso sólo hubo que esperar 5 años, pues su teoría atómica fue publicada en su libro *Un Nuevo Sistema de Filosofía Química*, en 1808. La teoría atómica de Dalton no fue la primera. Recordemos que empezó con Leucipo y Demócrito, e incluso el químico inglés William Higgins lo acusó de plagiar sus ideas; sin embargo, la teoría de Dalton fue la más correcta y la única que proponía que la diferencia entre los átomos de diferentes elementos era el peso. De acuerdo a Dalton, todas las sustancias están hechas de átomos, los átomos de un elemento son todos idénticos y diferentes de los de los otros elementos, los átomos no se pueden crear ni destruir, los átomos se combinan en proporciones simples para formar compuestos y en una reacción química los átomos se combinan, separan o reorganizan. El problema es que Dalton no tenía manera de saber en qué proporciones se combinaban los elementos, así que propuso que los átomos se combinarían en las proporciones más simples, lo cual no siempre era cierto y varios de sus pesos estaban equivocados. La nomenclatura aún no era la que usamos hoy. Dalton llamaba átomos simples a los de los elementos, pues creía que los elementos estaban como átomos individuales, y llamaba átomos compuestos a las moléculas, figura 2.

Precisamente por no saber las proporciones en los que los átomos se combinaban era que se volvía complejo aplicar la teoría atómica para calcular las fórmulas y los pesos atómicos. Los estudios de Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) dieron una pista importante en 1809 al determinar que las proporciones en las que reaccionan varios gases siempre son números enteros y pequeños, como cuando dos volúmenes de hidrógeno se combinan con un volumen de oxígeno para dar dos volúmenes de agua. La idea más importante para el cálculo de los pesos atómicos la dio el italiano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856), quien publicó un artículo en 1811 postulando que todo tiene sentido si se considera que volúmenes iguales de todos los gases contienen igual número de moléculas y que el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno no son átomos aislados, sino moléculas diatómicas. Una idea brillante pues entonces tan sólo habría que medir las densidades de los gases para saber los pesos relativos, pero nadie prestó atención a esta hipótesis. Además, la teoría de los gases decía que los átomos iguales se repelían, por lo que creían imposible que dos átomos iguales de oxígeno se unieran para hacer una molécula diatómica.