

## Un análisis histórico y epistemológico de la tabla periódica

### A Historical and Epistemological Analysis of the Periodic Table

Miguel Darío Nova Quintero<sup>1</sup>

#### Resumen

En el presente escrito se realiza un recorrido histórico de los avances logrados en la tabla periódica desde los tiempos de Robert Boyle (1662), quien, aunque no habló de una clasificación periódica, sí fue quien introdujo un concepto de elemento diferente al tradicional y más cercano al concepto actual, pasando por los aportes de científicos importantes en este respecto, como Geoffroy, Lavoisier, Dumas, Meyer, Döbereiner, Cahours y Newlands, hasta llegar a la propuesta hecha por Dimitri Mendeleiev y expuesta en la conferencia Faraday, realizada en 1889. Además, se pretende hacer un análisis epistemológico de las posturas teóricas frente a este tema y los aportes de los diferentes personajes a la propuesta definitiva. Con este fin se revisarán los argumentos que servían como fundamento a los científicos en las distintas épocas y sus aportes empíricos, reconociendo que no fue un logro perfecto o instantáneo como se puede llegar a pensar, sino que a lo largo del proceso hubo tropiezos debido a la falta de aceptación de algunas ideas por parte de las comunidades científicas de la época; también se presentaron incongruencias en el desarrollo de la clasificación de los elementos, de las cuales la mayoría fueron resueltas en el trayecto para al final construir lo que hoy se conoce como *ley periódica*.

---

<sup>1</sup> Maestría en Docencia de la Química. Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: mdnova@educacionbogota.edu.co

## Palabras clave

tabla periódica, ley periódica, clasificación, epistemología, historia.

## Abstract

In the present paper will be made a historical journey of the advances made in the topic of the periodic table since the time of Robert Boyle (1662) who, although he did not speak of a periodic classification, was the one who introduced a concept of element different from the traditional one and closer to the current concept, going through the contributions of important scientists in this respect such as Geoffroy, Lavoisier, Dumas, Meyer, Döbereiner, Cahours and Newlands, until you reach to the proposal made by Dimitri Mendeleiev and exhibited at the Faraday conference made in 1889. In addition, it intends to make an epistemological analysis of the theoretical positions on this subject and the contributions of different characters to the final proposal. For this purpose will be reviewed the arguments that served as a basis for the scientists in the different periods and their empirical contributions, recognizing that it was not a perfect or instantaneous achievement as can you come to think, but that throughout the process there was stumbling due to the lack of acceptance of some ideas by the scientific communities of the time, there were also inconsistencies in the development of the classification of the elements, most of which were resolved along the way to finally build what we know today as the periodic law.

**Keywords:** periodic table, periodic law, classification, epistemology, history.

## Introducción

Como profesores de ciencias, y en este caso específico, de química, en el desarrollo de nuestras clases damos especial atención a la tabla periódica; de hecho, se le considera un pilar de la química y una herramienta fundamental para la enseñanza de otros conceptos. Por otro lado, a la mayoría de las personas les basta con una primera vista a una tabla periódica para reconocerla, especialmente los estudiantes de secundaria, con tan solo mencionar su nombre o mostrar una imagen de esta. Sin embargo, aunque es esencial para nosotros los docentes y los estudiantes, es posible que no se preste suficiente atención al desarrollo histórico y epistemológico detrás de tan importante logro.

Es común encontrar en el pensamiento cotidiano y aún en ciertas esferas educativas ideas referentes a la tabla periódica relacionadas con el azar o la suerte. Algunos piensan que su organización fue producto de un sueño de Mendeleiev, otros creen que fue el resultado de un juego de solitario en el que, como por arte de magia, logró organizarla, sumándose a los llamados *momentos eureka* de la ciencia (Bertomeu, 2011). Estas visiones de la ciencia llevan a pensar que, en general, los avances científicos carecen de seriedad y rigurosidad, lo cual generalmente no es cierto, o por lo menos no en este caso particular. Ante estas ideas, es necesario responder a la pregunta ¿Cómo llegó Mendeleiev a la organización de los elementos por su peso en la tabla periódica?

Este escrito muestra el desarrollo histórico y hace un análisis epistemológico de los avances sobre la ley periódica, y de los científicos más relevantes en este sentido, como Geoffrey, con su propuesta de la *tabla de afinidades*; Lavoisier, con sus trabajos respecto a *oxidación y reducción*, y sus aportes a lo que se consideraba en su momento *sustancia simple y sustancia compleja*; los trabajos de Dumas y Meyer, sobre los pesos de los elementos; las famosas tríadas de Döbereiner: así como las octavas de Newlands; la tabla de organización por pesos equivalentes y las familias naturales de Cahours, y por último, la propuesta de Mendeleiev.

### Del elemento a la tabla periódica

Alrededor del año 1662 aparece el trabajo de Robert Boyle. Hasta antes de los aportes del científico inglés se tenía una concepción de elemento como una propiedad, por ejemplo, frío, seco, húmedo o cálido, lo cual se había heredado de la teoría aristotélica de los cuatro elementos. Boyle propuso una teoría atómica o corpuscular por medio de la cual decía que las propiedades de las combinaciones eran la suma de las propiedades de los elementos; esta la obtuvo de la observación de las reacciones de ácidos y bases, cuyas propiedades desaparecían al combinarse para dar una sal (Oswald, 1909). Gracias a esto, se pasó de la concepción de elemento girando en torno a las propiedades, a la concepción de elemento como un cuerpo, y los elementos como cuerpos se combinan para dar origen a otros cuerpos; por tanto, y después de una transición no sencilla, analizando las combinaciones de unos elementos con otros, se empezó a entender que las propiedades

dependen del elemento y no el elemento de las propiedades.

Cerca del año 1718 ya se tenía una concepción de elemento distinta a la aristotélica, y se habían clasificado algunos de los elementos como mercurio, plomo, zinc, entre otros; además, también tenían entre estos a los ácidos y a las sales. Entonces, aparece una tabla de afinidades propuesta por el científico Etienne Francois Geoffroy. El francés propuso que había cierta disposición de unas sustancias a juntarse con otras preferiblemente, de tal manera que, si había dos sustancias unidas, y aparecía una tercera que tuviera más afinidad con una de las dos iniciales, esta desplazaría a la otra dejándola libre (Estany e Izquierdo, 1990). Así, en su tabla organizó una fila de 16 elementos, debajo de los cuales organizó en cada columna, en orden de mayor afinidad, los elementos con los cuales se podían combinar, tratando de colocar todas las combinaciones posibles.

The table consists of a grid where the first row contains 16 chemical symbols representing elements. Below each symbol in the grid are other symbols representing substances that combine with the element above. The legend below the table defines the symbols used:

- ^ Esprits acides.
- ☉ Acide du sel marin.
- ☉ Acide nitreux.
- ☉ Acide vitriolique.
- ☉ Sel alcali fixe.
- ☉ Sel alcali volatil.
- ☉ Terre absorbante.
- ☉ Substances metalliques.
- ☉ Mercure.
- ☉ Regule d'Antimoine.
- ☉ Or.
- ☉ Argent.
- ☉ Cuivre.
- ☉ Fer.
- ☉ Plomb.
- ☉ Etain.
- ☉ Zinc.
- ☉ Pierre Calaminaire.
- ☉ Soufre mineral.
- ☉ Principe huileux ou Soufre.
- ☉ Esprit de vinaigre.
- ☉ Eau.
- ☉ Sel.
- ☉ Esprit de vin et Esprits ac.

**Figura 1**  
Fuente: Grapí (2011).

A pesar de que el aporte de estas tablas (figura 1) ayudó a entender e inclusive prever el comportamiento de las sustancias al

combinarse, y también aportó como sistematización de los elementos conocidos, usando símbolos o imágenes para representarlos, el científico atribuía las propiedades de los elementos a espíritus que había en ellos; por ejemplo, el espíritu ácido, lo cual da a entender que daba explicaciones metafísicas a los fenómenos naturales, algo similar a lo que ocurrió en la teoría del flogisto.

Luego aparece en la historia otro personaje fundamental, el señor Antoine Lavoisier, quien entre las décadas de 1770 y 1780 trabajó en torno a la combustión. A través de esta, además de derrocar la teoría del flogisto, avanzó mucho en los fenómenos de oxidación y reducción, y en el concepto de oxígeno, el cual ya había sido descubierto por Priestley y Scheele años atrás. Se observó que el aire no era un elemento como tal, ya que el oxígeno podía separarse de este. Por este tiempo ya Lavoisier tenía a la mano la ley de la conservación de los pesos y fundamentó un intento de tabla periódica en esta ley.

Simplemente aquello que no se puede obtener como una sustancia simple de los productos que pesan más que ella, mientras que una sustancia compuesta puede dar los productos que pesan menos que ella, estos son sustancias simples. Si el peso de un cuerpo A aumenta en todas sus transformaciones, es una sustancia simple. (Oswald, 1909, p. 23).<sup>2</sup>

Basado en esto, Lavoisier introdujo un nuevo concepto de elemento, como una sustancia de la cual el peso aumenta en las modificaciones químicas que pueda experimentar, definición que permaneció vigente cerca de un siglo. Esta propuesta de Lavoisier implicó un cambio en la

forma de pensar de los científicos de su época, ya que se evidenciaba una transición de lo metafísico a lo material, surgiendo con él, según muchos, el materialismo, que argumentaba que todo fenómeno material debe tener una explicación lógica de índole material.

Sin embargo, Lavoisier no tuvo como objetivo clasificar los elementos, ya que aseguraba que estas clasificaciones estaban alejadas de lo que realmente existía en la naturaleza y eran meras especulaciones.

Años después, el químico francés, mediante sus experimentos con gases, y a partir de la ley de Avogadro, trabajó en la determinación de los pesos atómicos de las sustancias. A la par de Dumas, también trabajó Viktor Meyer, químico alemán que también hizo aportes en este sentido. Esta propiedad de las sustancias sería fundamental para la posterior organización de los elementos por parte no solo de Mendeleiev sino de otros precursores de la tabla periódica, siendo fundamental la experimentación para estos alcances.

Uno de estos precursores fue Johann Dobereiner. Como menciona Zambon (2013), alrededor del año 1817, el químico alemán descubrió que había algunos grupos de tres elementos que tenían semejanzas químicas, y además el peso atómico del segundo elemento era prácticamente el promedio de los elementos 1 y 3. Luego de trabajar por más de diez años en este tema, descubrió más grupos similares a los cuales se les llamó tríadas, dando a entender que los elementos tenían algún tipo de relación entre sí debido a sus propiedades y a los compuestos que

<sup>2</sup> Traducción libre al español por Leidy Marcela Nova Quintero, licenciada en Lenguas Modernas, Universidad Pedagógica Nacional (marcelanova17@gmail.com).

formaban. Se puede decir que este fue prácticamente el inicio de una sistematización de los elementos químicos.

Sin embargo, por el año 1855 el químico Auguste André Thomas Cahours, señaló que los elementos se organizaban por orden creciente de pesos equivalentes, y al hacerlo se organizan en algo que él denominó familias naturales, y allí sus propiedades variaban gradualmente. Cahours demostró esto a través de experimentos combinando volúmenes de elementos no metálicos en estado gaseoso como el flúor, cloro, bromo, y otros con el hidrógeno; así, los resultados obtenidos con algunos grupos de ellos producían compuestos con propiedades similares, por ejemplo con la familia que hoy conocemos como halógenos excepto el astato, se obtuvo ácidos muy fuertes, mientras que con el grupo que conocemos como la familia del nitrógeno pero sin el bismuto, se obtuvieron compuestos con una basicidad alta, de allí que se denominaran con la palabra familias.

Con el pasar de los años, el trabajo de los científicos, que a su vez eran también los profesores de ciencias de sus épocas, permitió descubrir más elementos químicos. Estos intentos de organizar sistemas de clasificación de los elementos muestran la creciente necesidad de ordenarlos de tal manera que fueran comprensibles para otros, ya que según Bertomeu (2011), los profesores debían organizar sus obras conforme a sus concepciones pedagógicas y a los intereses del público al que se dirigían, que generalmente eran farmacéuticos y médicos, preocupación que permanece hasta nuestra época al abordar los diferentes temas de nuestra ciencia, solamente que el público que pretendemos alcanzar en nuestra labor

docente es mucho más amplio que en aquellos momentos.

Para 1864 el químico inglés John Alexander Newlands organizó una tabla periódica con los 62 elementos conocidos hasta ese momento, la disposición la realizó por las masas atómicas y por las propiedades físicas de los elementos, que según sus observaciones se repetían cada ocho de estos, y debido a su bagaje musical y a algunas similitudes que encontró entre los elementos, los organizó por octavas. Cuando publicó su propuesta, muchos de los científicos contemporáneos se burlaron de él y dijeron que no era serio y no la tuvieron en cuenta. Además, Newlands fue el primero en asignarle un número atómico a los elementos, aunque cabe aclarar que no tenía fundamento teórico para asignar dicho número.

El inglés realizó su propuesta solo cinco años antes de que Dimitri Mendeleiev publicara su propuesta. Claro que al mirar todo este recorrido, podemos pensar que todos los aportes de los diferentes científicos realmente allanaron el camino para el trabajo del químico ruso. Fue Mendeleiev en la conferencia en honor a Faraday en junio de 1889 quien citó los trabajos de otros colegas que fueron precursores de la tabla periódica, y basado en los cuales él pudo hacer su postulado (Mendeleiev, 1889).

En su discurso, Mendeleiev deja claro que el patrón que utilizó para organizar los elementos fue el peso de estos, referenciando los trabajos de Cannizzaro respecto al átomo para llegar a la definición del átomo como “la porción más pequeña de un elemento que entra en una molécula de un compuesto”, y que los pesos atómicos reales (equivalentes) podían ser la base de la generalización (Mendeleiev, 1889). Fueron los trabajos

previos a Mendeleiev los que lo encaminaron a llegar a la organización por pesos equivalentes y a observar la periodicidad evidente en los elementos al organizarlos de esta manera.

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS ACCORDING TO MENDELEEFF<sup>11</sup>

Order	GROUP I — R <sub>2</sub> O	GROUP II — RO	GROUP III — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GROUP IV — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GROUP V — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GROUP VI — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GROUP VII — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GROUP VIII — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	H 1							
2	Li 7	Be 9.4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
3	Na 23	Mg 24	Al 27.3	Si 28	P 31	S 32		
4	K 39	Ca 40	— 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56, Co 59, Ni 59, Cu 63
5	(Ca 63)	Zn 65	— 68	— 72	As 75	Se 78	Br 80	
6	Rb 85	Sr 87	Yt 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96	— 100	Ru 104, Rh 104, Pd 106, Ag 108
7	(Ag 108)	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	I 127	
8	Cs 133	Ba 137	?Dl 138	?Ce 140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er 178	?La 180	Ta 182	W 184	—	Os 195, Ir 197, Pt 198, Au 199
11	(Au 199)	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—	—	—
12	—	—	—	Th 231	—	U 240	—	—

<sup>11</sup>From Fr. Danneberg, *Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange*, Leipzig<sup>19</sup> 1923, p. 348.

Figura 2  
Fuente: Melsen (2004).

Mendeleiev decide tomar como patrón de organización los pesos remontando los postulados de Newton, para quien el comportamiento de los cuerpos está directamente relacionado con sus masas. De la misma manera, la explicación para el comportamiento químico de los elementos debía buscarse en las masas atómicas. Basado en esto se pensaría que, al aumentar la masa de los elementos, sus demás propiedades debían aumentar proporcionalmente; sin embargo, Mendeleiev mostró que al aumentar las masas de los elementos disminuían sus densidades, siendo esta una relación inversa, mientras que sus óxidos contenían una cantidad creciente de oxígeno. Por esta razón, el químico ruso argumentó que hay series de elementos que se combinan de la manera RX, RX<sub>2</sub>, RX<sub>3</sub> y así hasta RX<sub>8</sub>, pero que al llegar allí, los elementos vuelven a empezar de la forma RX, lo cual evidencia una periodicidad.

Estos postulados de Mendeleiev establecen que la ley periódica que se estaba proponiendo no solamente tenía que ver con la manera en la que se podían organizar los elementos químicos, sino cómo estos se podían combinar para formar nuevas sustancias. De eso se trata la ciencia, no solamente de entender cómo algo funciona, sino de ser capaz de replicarlo e inclusive de predecir cómo ocurrirá un fenómeno en otras condiciones. La tabla periódica en su ordenación, clasificación, interpretación, matematización, etc., permite el desarrollo de habilidades y procesos que son fundamentales en el trabajo científico y en el investigativo, gracias a lo cual podemos tener hoy la información de una manera un poco más sencilla de entender.

A pesar de todo lo positivo que se pueda resaltar del trabajo del ruso, en su momento fue ampliamente criticado por otros científicos, recibiendo comentarios alusivos a su trabajo, en los cuales se le tildaba de la peor clasificación hecha de los elementos, o que carecía de empírica, la cual es la esencia de la química. Y es que en ese momento de la historia todo avance en la ciencia tenía que estar mediado por la experimentación, de lo

contrario corría el riesgo de ser rechazado. El mismo Mendeleiev comenta que la ley periódica en sus inicios fue bastante criticada y corrió el peligro de ser desechada; inclusive, después de ser publicada, muchos profesores de la época no la tenían en cuenta, y en diversos manuales de química no se mencionaba siquiera el trabajo de Mendeleiev.

A pesar de la oposición y de las posturas de los científicos de la época, la ley periódica perduró por varios motivos. El primero de ellos es que la ley periódica fue capaz de predecir la existencia de nuevos elementos. Como se mencionó anteriormente, la propuesta de Mendeleiev no solo organizaba los elementos conocidos, sino que anticipó la existencia de otros no conocidos, como el galio, el escandio y el germanio, que se descubrieron algunos años después de las publicaciones de Mendeleiev y cuyas propiedades encajaban en los lugares vacíos que se habían dejado disponibles en la tabla. Esta forma de pensar es importante en la ciencia, ya que no se debe tener la visión de ciencia como algo acabado, terminado, sino tener la mente abierta a la posibilidad de encontrar algo nuevo o que explique de manera más adecuada un fenómeno.

Tampoco podemos basar el conocimiento únicamente en lo empírico, si bien es importante el papel de la experimentación, la razón también debe estar presente en el desarrollo científico, debe existir un equilibrio entre los dos. La empírica se puede denominar el efecto, pero para todo efecto hay una causa, que sería la razón. Uno de los principales problemas que enfrentó esta clasificación fue la falta de un principio teórico que sustentara las organizaciones de los elementos; si bien encajaban las propiedades físicas, los pesos atómicos y equivalentes e inclusive las

valencias o las propiedades químicas en la conformación de las familias, no existía una teoría firme sobre la cual basar estas observaciones, inclusive en sus formulaciones el mismo Mendeleiev carecía de dicho fundamento teórico, y no fue sino hasta los resultados de la espectroscopia que se pudo formar una teoría en torno a la clasificación de los elementos.

Por otra parte, la publicación de Mendeleiev se traduce en una expresión del cuantitativismo, ya que es una matematización de los elementos químicos y de los fenómenos asociados a ellos. Mendeleiev no solo puso un orden a las propiedades de los elementos, sino que ese orden daba cuenta del comportamiento de las sustancias. El químico ruso luchaba con las ideas metafísicas existentes en el momento, como la de la materia única, por esto la idea de elementos como sustancias simples que se combinaban y daban sustancias diferentes era bastante importante para él, al igual que la explicación matemática de los fenómenos y propiedades observadas; él mismo aseguraba que este era uno de los objetivos perseguidos por la ciencia. Este fue uno de los argumentos que ayudó a que la tabla de Mendeleiev fuera aceptada, las relaciones entre los pesos, el atomismo y la periodicidad observada.

Por último, la tabla de Mendeleiev se volvió relevante debido a la escasez de un principio organizativo en los manuales de química de la época; si bien se dijo que no fue aceptado inmediatamente, tampoco había otras propuestas que dieran una explicación satisfactoria al comportamiento de los elementos. Con el tiempo se demostró que el principio establecido por el químico ruso en su tabla periódica se aplicaba de una manera

general; en palabras de Mendeleiev, la ley periódica se convirtió en una generalización.

## Conclusiones

El concepto de elemento cambió de una manera sustancial desde los tiempos de Boyle hasta Medeleiev, lo cual permitió un giro en las ideas acerca de los elementos, eliminando pensamientos metafísicos asociados al comportamiento de las sustancias, los cuales atribuían las propiedades de sustancias a espíritus que actuaban dentro de ellos, como fue el caso del flogisto o de los ácidos a los cuales se referían con el término de espíritu ácido, para establecer explicaciones racionales de índole materialista como los trabajos de Lavoisier. Estas transformaciones no fueron sucesos espontáneos, sino procesos que llevaron cerca de doscientos años y el trabajo de bastantes científicos de los cuales en este escrito se mencionan solo algunos, quienes mediante la experimentación y la razón lograron establecer nuevos principios que transformaran la manera de entender la química.

Por otra parte, observamos que la formulación de la tabla periódica no fue lo que denomina Bertomeu un momento eureka en la historia de la ciencia, como se tiene la percepción por un gran número de estudiantes e inclusive de profesores de ciencias, o como aparece en algunos textos de divulgación; por el contrario, fue el resultado de un trabajo riguroso y serio de un gran número de científicos sin los cuales no se hubiese podido completar la tarea de la organización de los elementos. Trabajos como los de Cahours y Goeffroy fueron determinantes a la hora de organizar la tabla, aunque el mérito haya sido

atribuido a Mendeleiev, estos y otros estudios fueron bastante influyentes.

La enseñanza de esta parte importante de la historia de la química permitirá transformar estas concepciones erradas de la ciencia que se dan a menudo, debido a la falta de información acerca del proceso histórico que permite la construcción del conocimiento. Si se enseña cómo los trabajos de otros científicos influyeron de manera concluyente en la formulación de la tabla periódica, esta tendrá mayor relevancia para los estudiantes e inclusive para los docentes. Esto aplica no solo en lo referente a la tabla periódica, sino a otros temas fundamentales de la química.

Si bien a Mendeleiev le fue otorgado el reconocimiento por la organización de los elementos en la tabla periódica, no fue un trabajo personal el que se observó allí, fue la recopilación de diferentes trabajos, como él mismo lo reconoció, esbozando allí una muestra de trabajo colaborativo para el desarrollo de un avance científico.

## Referencias

- Bertomeu, J. (2011). Pedagogía química y circulación de la ciencia: el sistema periódico de los elementos durante el siglo XIX. En L. E. Ávila (coord.), *Química: historia, filosofía y educación* (pp. 25-42). Universidad Pedagógica Nacional.
- Melsen, A. (2004). *From atoms to atom the history of the concept ATOM*. Dover Phoenix Editions.
- Mendeleev, D. (1889). The periodic law of the chemical elements. *Journal of the Chemical Society*, (55), 634-656.
- Oswald, W. (1909). *L'évolution d'une science La Chimie*. Ernest Flammarion Editeur.

Zambon, A. (2013). Representación del sistema periódico: una tabla basada en triadas. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, (13), 181-198.

Seferian, A. (2012). Los prospectos de medicamentos una herramienta didáctica para incorporar elementos de toxicología y farmacología en el profesorado. *PPDQ Boletín*, (50)