



El ritmo de la Química.

J. Alfredo Gutiérrez Fuentes

La Naturaleza es un muestrario de fenómenos que se repiten de manera regular y consistente, es decir, que ocurren de forma periódica; tal es el caso de las estaciones del año, las fases de la Luna, o el paso de un cometa; aún la vida misma está sujeta a cierta periodicidad: un individuo nace, crece, se reproduce y muere, y esto se repite en su descendencia. La mayoría de los procesos periódicos de la Naturaleza ocurren al paso del tiempo lo que nos facilita el percatarnos de ellos; ese es el caso, por ejemplo, del día y la noche y que van aparejados con lo que se denomina “ciclos circadianos”, que son los cambios periódicos de algunas variables biológicas como el sueño y la temperatura corporal. Sin embargo, hay otros procesos periódicos naturales que no son tan evidentes, pues no ocurren en función del tiempo y realmente no suceden a la vista de nuestros sentidos, requiriendo de observaciones muy minuciosas y hasta de la experimentación, y sobre todo un enorme ingenio para poder ser develados. Tal es el caso de la *Periodicidad de los Elementos Químicos* que nos muestra que la Química se rige por cierto tipo de ritmo, por una cadencia. El descubrimiento de este fenómeno natural constituye uno de los más grandes logros de la mente humana y cuya expresión sintética, la Tabla Periódica, involucra una serie de hallazgos tales que dieron lugar a un salto gigantesco en el desarrollo, no solo de la Química, sino de la propia Humanidad. Ha sido tanta la importancia e influencia de la Tabla Periódica en el progreso de la especie humana, que la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió homenajearla durante 2019 al cumplirse 150 años de su creación por el químico ruso Dimitri Mendeléiev.

Surge entonces la pregunta: ¿es la Tabla Periódica un descubrimiento o una creación? La respuesta es que la Periodicidad Química es una Ley Natural, como lo son las Leyes de la Gravitación Universal, o de la Conservación de la Materia, por lo que su elucidación constituye un descubrimiento. En cambio, la Tabla Periódica es tan solo una forma de ordenar a los elementos químicos basados en dicha Ley, existiendo otras formas alternativas de presentar esta clasificación; sin embargo, la Tabla Periódica que conocemos y utilizamos los químicos fue creada de una manera racional tal que permite una fácil sistematización de la información química y sobre todo la predicción de propiedades de elementos desconocidos. Esto último es lo que constituye el máximo galardón de cualquier Ley o Teoría científica: poder anticipar los hechos de la Naturaleza antes que estos ocurran.

El descubrimiento de la Periodicidad de los Elementos se dio gracias a una serie de avances científicos, pudiendo bien considerarse su arranque en 1803 con la postulación de la Teoría Atómica de la Materia por el científico británico John Dalton. Esta teoría propone que toda la materia está formada por pequeñas partículas que no pueden ser fragmentadas en otras de menor tamaño y que se denominan átomos, palabra que significa precisamente “indivisibles”; los átomos de cada elemento químico son idénticos entre sí y estos tienen propiedades particulares, una de las cuales es precisamente el peso atómico. La valoración de esta Teoría



condujo a la determinación experimental de los pesos atómicos de los elementos conocidos, unos 20 en 1803, pero a su vez propició que, durante los análisis químicos requeridos, cada vez más elaborados y precisos, se descubrieran nuevos elementos químicos. Una consecuencia de esto fue el desarrollo de nuevas y revolucionarias metodologías e instrumentos para estudiarlos, como fueron la balanza analítica y el espectroscopio; este último instrumento permite identificar a cada elemento por la luz que puede emitir cuando se le aplica calor, siendo el equivalente a sus huellas digitales. Otro avance crucial fue el uso de la electricidad para realizar reacciones químicas (electroquímica) y que de hecho permitió aislar en su forma pura a varios elementos químicos. De este modo, para 1830 ya se tenían identificados unos 55 elementos, que representan casi la mitad de los que actualmente conocemos. Los químicos de esos tiempos se preguntaban cuántos elementos existían en la Naturaleza, lo que se constituyó en un acicate para redoblar los esfuerzos en la búsqueda de aquellos que eran desconocidos, de tal modo que antes de terminar el siglo XIX ya se contabilizaban unos 84. Actualmente se han identificado 118, de los cuales 92 están presentes en la tierra, 20 son artificiales y los 6 restantes se forman al desintegrarse elementos radiactivos como el uranio, aunque también se les puede preparar de forma artificial.

Por 1817, el químico alemán Johan W. Dobereiner se dio cuenta que había grupos o familias de 3 elementos que mostraban un comportamiento químico similar, a la vez que el promedio aritmético de los pesos atómicos del más ligero y el más pesado, daba aproximadamente el peso atómico del elemento intermedio. A estos grupos Dobereiner los llamó “triadas” y era el caso, por ejemplo, de los elementos cloro, bromo y yodo, por un lado, o el de calcio, estroncio y bario, por otro; los primeros se encontraban asociados a sustancias muy parecidas a la sal común y de este modo se les llamó halógenos, que significa “formadores de sal”, mientras que los segundos formaban polvos blancos, terrosos, de sabor y propiedades alcalinas (como el bicarbonato que usamos contra la acidez estomacal) y de allí que se les llamara “tierras alcalinas”. Con el paso de los años se descubrieron más elementos que vinieron a aumentar el tamaño de las familias, dejando atrás la designación “triadas”, aunque persistió el uso de los términos familia o grupo; otras familias conocidas desde entonces son la de los “metales alcalinos” (litio, sodio, potasio, rubidio y cesio), la de los calcógenos (azufre, selenio y telurio), o la de los metales nobles o preciosos (plata, oro, paladio y platino).

En 1864 el científico inglés John A. Newlands descubrió que al ordenar a algunos elementos en orden creciente de su peso atómico formaban una fila de siete, con propiedades químicas claramente diferentes, pero el octavo tenía propiedades semejantes a las del primer elemento de la fila y entonces se podía colocar debajo de este iniciando así una segunda fila pues esto también ocurría con los seis siguientes elementos al ir reproduciendo el comportamiento de la primera fila; lo anterior se volvía a repetir para generar una tercera fila. Esto puso en evidencia el comportamiento periódico de las propiedades químicas lo que condujo a agrupar a los elementos de las familias conocidas, estableciéndose que estas se organizaban en las siete columnas que a su vez iban generando filas sucesivas y que se



denominaron períodos. La aportación de Newlands permitió establecer que el peso atómico era una propiedad que determinaba el comportamiento químico de los elementos. Desafortunadamente Newlands falló al considerar que cada fila contenía solo siete elementos, lo que llevaba a formar las correspondientes siete familias y por lo tanto que solo había ese mismo número de tipos de conductas químicas, lo cual resultaba contradictorio con los hechos que mostraban varias más; para colmo, tuvo la mala ocurrencia de llamar a su descubrimiento “Ley de las Octavas” influido por sus conocimientos en música, al señalar que este ordenamiento era análogo al de las siete notas musicales: “do, re, mi, fa sol, la, si”, de tal modo que en la escala musical la octava nota corresponde a “do”, pero un grado más alto que el “do” anterior. Esto último provocó crueles burlas de varios de sus colegas, deprimiéndolo a tal grado que abandonó esa investigación, sin intentar mejorar su propuesta.

El enigma sobre el ordenamiento de los elementos químicos lo resolvió un químico ruso llamado Dimitri Mendeléiev. A este ilustre personaje, por su origen siberiano, le fue negado el acceso a las Universidades más importantes de Rusia en su tiempo: la de Moscú y la de San Petersburgo, consiguiendo tan solo ingresar al Instituto Pedagógico de San Petersburgo, pero esta adversidad no le impidió mostrar su genio científico. En 1869 Mendeléiev logró ordenar a todos los 63 elementos conocidos en su momento, generando una clasificación similar a la de Newlands; cabe señalar que el científico ruso no conocía el trabajo del británico que, según se señaló antes, fue menospreciado por lo que sus descubrimientos no tuvieron la trascendencia que merecían. La clasificación que hizo Mendeléiev se diferenciaba de la de Newlands en que cada columna estaba dividida en dos sub-columnas, de tal modo que colocaba los elementos de una fila en una columna cargada a la derecha, pero la siguiente la fila iba cargada a la izquierda y así sucesivamente en zig-zag, generando para cada familia dos tipos de conductas químicas: las de la izquierda (tipo A, metálico) y las de la derecha (tipo B, no metálico). Adicionalmente puso una octava columna grupal con varias sub-columnas donde colocó a elementos cuyo comportamiento era diferente al de los siete grupos anteriores pero que mantenían ciertas similitudes entre ellos. Esta clasificación es en esencia equivalente a la Tabla Periódica Moderna. Estos estudios llevaron a Mendeléiev a otra trascendente conclusión: su clasificación de los elementos correspondía a una Ley de la Naturaleza, cuya definición era “Las propiedades de los elementos químicos son una función periódica de sus pesos atómicos”.

Mendeléiev, sin embargo, tuvo dos problemas: algunos elementos mostraban ambigüedades y entonces no era claro a cuál familia pertenecían, pero esto lo resolvió mediante un signo de interrogación a un lado del símbolo químico del elemento, lo que significaba que esto se resolvería posteriormente con la profundización de los estudios químicos de tales elementos lo que, efectivamente, así ocurrió. El segundo problema y más delicado era que algunos elementos, en base a su peso atómico, se ubicaban erróneamente al tomar en cuenta su comportamiento químico, siendo el caso más notorio el de yodo y telurio: al tener yodo un peso atómico menor que el de telurio, debería de ubicarse en la familia de los calcógenos, a la vez que el telurio en la de los halógenos, exactamente al revés



de como indicaban las evidencias químicas. Mendeléiev lo resolvió argumentando que esto se debía a inexactitudes en la determinación experimental de los pesos atómicos, pues los instrumentos de medida como las balanzas analíticas y los propios métodos químicos analíticos aún requerían de perfeccionarse, y una vez que esto ocurriera se resolvería la discrepancia. Gracias a este tipo de argumentos para paliar las inconsistencias en su clasificación, Mendeléiev pudo ir más lejos al pronosticar la existencia de elementos desconocidos en ese momento: notó que quedaban algunas casillas vacías en su Tabla lo que lo llevó a suponer que estas serían llenadas por elementos aún no descubiertos, pero cuyas propiedades podían inferirse considerando la familia en la cual se encontraba el hueco, así como las propiedades de los elementos adyacentes en la fila. Esto último se sustentaba en el descubrimiento del propio Mendeléiev que indicaba que entre los elementos de una fila había una variación regular de algunas propiedades, notoriamente el peso atómico que debería ser menor para el elemento a la izquierda y mayor para el de la derecha para a un elemento en una determinada casilla, pero esto ocurría también para otras propiedades químicas tales como el carácter ácido o básico de sus óxidos, su carácter metálico o no metálico, o físicas como el punto de fusión, la densidad, etc. De este modo, Mendeléiev fue capaz de anticipar cuales serían las propiedades químicas y físicas, no solo de esos elementos desconocidos sino hasta de sus compuestos. Transcurrieron apenas unos 4 años y las predicciones de Mendeléiev comenzaron a cumplirse de forma tan precisa que en adelante ya no quedó duda de su gran descubrimiento, La Ley Periódica de los Elementos, y de la mejor herramienta para sistematizarla: la Tabla Periódica. Gracias a las aportaciones de Mendeléiev la Química tuvo avances gigantescos que a su vez impactaron en otras áreas del conocimiento humano de tal modo que, por ejemplo, permitieron que el hombre pusiera su pie sobre la Luna en 1969, exactamente 100 años después.

J. Alfredo Gutiérrez

Profesor de Química Inorgánica