Sobre una única óptima Tabla Periódica

*Por Eric Scerri**

La Tabla Periódica es uno de los más poderosos íconos de la química ya que captura su esencia con un diseño elegante. El ordenamiento de todos los elementos conocidos en dicha tabla proporciona una forma concisa de entender cómo reaccionan entre sí y cómo se enlazan químicamente, ayudando a explicar las propiedades de cada elemento que lo hacen reaccionar de la manera en que lo hace. El descubridor líder, considerado el creador de la tabla periódica, fue el químico ruso Dimitri Mendeleiev, pero hubo varios precursores, y actualmente hay debates en curso con relación a la mejor forma de presentar el sistema o ley periódica, y sobre si existe realmente una 'mejor forma' de hacerlo.

La tabla periódica de los elementos recibe ese nombre debido a que muestra en forma gráfica cómo ciertas propiedades de las sustancias químicas se repiten después de intervalos regulares.

En la tabla moderna de 118 elementos, cada uno está colocado a lo largo de filas o hileras ordenadas de acuerdo con su número atómico creciente -el número de protones en el núcleo de un átomo de cada elemento. Existen siete filas, cada una conforma un período. La longitud de los períodos varía: el primero tiene dos elementos, los siguientes dos tienen ocho cada uno, luego en los siguientes dos períodos 18 y 32 respectivamente.

Las columnas verticales forman grupos (de los cuales hay 18) basados en propiedades químicas similares que están relacionadas con el número de electrones en la capa exterior de los átomos, también llamada capa de valencia. Por ejemplo, en el grupo 17, el grupo de los halógenos que contiene al flúor, el cloro, el bromo, el iodo, etc., a todos les falta un electrón para llenar sus capas de valencia, todos tienden a adquirir electrones durante las reacciones, y todos forman ácidos con el hidrógeno.

Dimitri Mendeleiev (1834-1907)

Se han hecho muchos cambios a la tabla desde que, en 1869, se publicó la primera de Mendeleiev que mostraba ocho grupos, 12 filas y 66 elementos, pero la tabla de Mendeleiev tampoco surgió del vacío. Los historiadores de la química han reconocido desde hace tiempo dos ideas que contribuyeron a la evolución del sistema periódico: la noción de tríadas de elementos y la hipótesis de Prout.

Tríadas

En 1817 el químico alemán Johann Döbereiner notó que varios grupos de tres elementos formaban tríadas con dos características interesantes. El elemento del medio no solo tenía reactividad química intermedia, sino que también tenía un peso atómico intermedio.

A diferencia de número atómico, un valor que aún no había sido consolidado, el peso atómico se medía desde principios de 1800. La idea era determinar el peso de cada unidad indivisible de la materia en relación con el hidrógeno, cuyo peso se tomó como 1,00. Debido a que las fórmulas para muchos compuestos eran desconocidas, los pesos atómicos se continuaron midiendo imprecisamente por algún tiempo.

Un ejemplo de una tríada es la formada por azufre, selenio y telurio. El azufre en la época de Döbereiner tenía asignado un peso atómico de 32.239, mientras que el del telurio era 129.243; el promedio de ambos es 80.741, cercano al valor medido entonces del selenio, 79.264.

La importancia de ese descubrimiento radicó en la asociación de propiedades químicas cualitativas, tales como el grado de reactividad, con datos numéricos de los elementos. Ello sugería que podía haber algún orden numérico subyacente que sirviera para relacionar los elementos entre sí en forma sistemática.

Otros químicos descubrieron todavía más tríadas y empezaron a hacer tablas que pretendían relacionar a éstas entre sí. Pero algunas de estas contribuciones degeneraron en mera numerología, especialmente cuando descuidaron las relaciones de semejanza en el comportamiento químico de los elementos. Por ejemplo, el químico alemán Ernst Lenssen sugirió, en 1857, la existencia de una tríada formada por silicio, boro y flúor, aún cuando no había ninguna conexión química concebible entre estos elementos. No obstante estos desvíos, el atractivo de la búsqueda de tríadas estimuló a los químicos a determinar los pesos atómicos más precisamente, una búsqueda que benefició a la química de muchas maneras.

Hipótesis de Prout

Un poco antes, en 1815, el médico radicado en Londres, William Prout, propuso un principio general. Prout planteó que el hecho de que los pesos atómicos de muchos elementos parecieran ser múltiplos enteros del peso del hidrógeno, sugería que todos los elementos estaban compuestos de hidrógeno. Incluso proclamó que esto implicaba la unidad de toda la materia. Pero algunos elementos tenían valores de sus pesos atómicos lejanos a un número entero, como por ejemplo el nitrógeno al que entonces se le asignaba un valor de 12.6 (ahora es 14.0067), por lo que no podían ser múltiplos del hidrógeno de peso 1.00.

Parecía que los pesos atómicos que no eran números enteros de esos elementos iban en contra de la hipótesis de Prout. Los que creían en dicha hipótesis veían esos datos como anomalías que eventualmente desaparecerían con la determinación más precisa de los pesos atómicos. Como en el caso de las tríadas, los intentos de confirmar o refutar la hipótesis de Prout contribuyeron a que los químicos renovaran esfuerzos para medir los pesos atómicos.

Sin embargo, a medida que se acumulaba información más precisa sobre los pesos atómicos se vio que estas ideas eran deficientes. La noción de tríadas se encontró que era muy aproximada y, aun así, solo aplicable a grupos cuidadosamente seleccionados. Al mismo tiempo la hipótesis de Prout mostraba demasiadas excepciones. Para la segunda mitad del siglo XIX, en el lenguaje del filósofo de la ciencia Karl Popper, ambas ideas habían sido falsadas, es decir refutadas.

Número atómico

A principios del siglo XX se encontró que el número atómico, en lugar del peso atómico, sirve como mejor criterio para ordenar los elementos en una secuencia lineal. El físico británico Henry Moseley midió longitudes de onda de los rayos X (en las series K y L, "*soft X-rays*"), generados por bombardeo de electrones en los elementos, mediante difracción de esos rayos X en un cristal de ferrocianuro de potasio.

Moseley encontró una relación empírica entre la longitud de onda de los rayos X emitidos por los distintos elementos con su número atómico, número que hasta ese momento solo señalaba el lugar que ocupaba un elemento en la tabla periódica

Haciendo un análisis de los datos obtenidos y de las ideas sobre la constitución de los átomos de ese momento, concluyó que cada elemento difiere del que le precede por una carga positiva más en su núcleo. Por esto concluyó que el número atómico indicaba el número de cargas positivas del núcleo del elemento correspondiente.

Al volver a examinar las nociones de tríadas y la hipótesis de Prout a la luz del número atómico, uno encuentra que ambas nociones han hecho lo que otro famoso filósofo de la ciencia, Imre Lakatos, ha llamado una recuperación teórica.

Si consideramos los números atómicos en vez de los pesos atómicos para las tríadas descubiertas en el siglo XIX, resulta que el número atómico del elemento medio es exactamente el promedio de los otros dos elementos. De hecho, aproximadamente la mitad de las tríadas posibles en la tabla periódica moderna son exactas en este sentido. A su vez, con respecto a la hipótesis de Prout y en términos del número atómico, los elementos tienen múltiplos exactos del número de protones del átomo de hidrógeno,como el hidrógeno tiene un solo protón, todo otro átomo es un múltiplo de él.

Johann Döbereiner (1780-1849)

William Prout (1785-1850)

Henry Moseley (1887-1915)

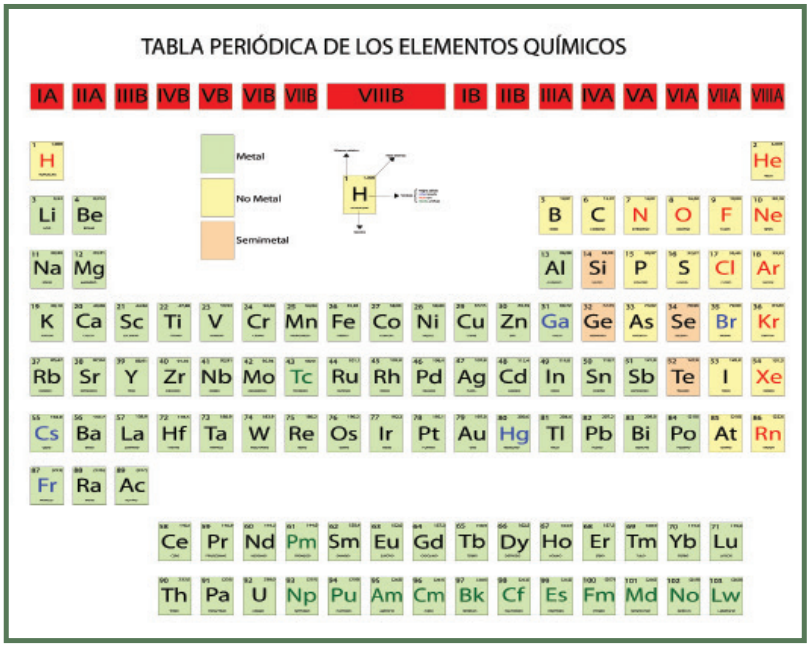

Tabla periódica de los elementos - Formato clásico

Mi análisis

Hasta hace poco yo creía en la existencia de una tabla periódica óptima y que era la tarea de los filósofos de la química tratar de descubrir la forma de dicha tabla. Recientemente, un par de acontecimientos me han hecho cambiar de opinión de una manera bastante radical.

Antes de hablar de este cambio de opinión, explicaré mi posición anterior. En mi libro de 2007: "La Tabla Periódica. Su historia y significado", no solo afirmé que había una única mejor forma posible de ordenar los elementos, sino que además sugerí que se adoptara el ordenamiento llamado "escalonada por la izquierda" o "diseño de Janet" diseño en el que se coloca al helio al lado del hidrógeno y en la columna de los elementos alcalino-térreos: berilio, magnesio, calcio, etc.

Con respecto a la evolución de mis ideas, en mi libro más reciente "La tabla periódica: Una breve introducción", publicado en 2011, he planteado un punto de vista diferente, aunque todavía mantuve que una forma óptima era una propuesta viable.

En este libro escribí que aún no era posible decidir entre dos candidatas a la tabla óptima. Además de la muy elegante tabla escalonada por la izquierda propuse una nueva forma en la que se coloca al hidrógeno en la parte superior del grupo de los halógenos con el fin de introducir una nueva tríada que consiste en H(1), F(9) y Cl(17).

Teniendo en cuenta que las tríadas "número atómico perfecto" afloran en aproximadamente la mitad de todos los posibles grupos verticales de tres elementos de la tabla periódica, parece razonable suponer que la colocación de un elemento problemático, como el hidrógeno, puede ser resuelta al moverlo con el fin de crear una nueva tríada en lugar de mantenerlo en la parte superior de los metales alcalinos, en los que no solo no se forma una tríada sino que difiere notoriamente de los elementos de ese grupo en varias de sus propiedades.

Pequeñas personas

En el primer libro, destaqué a algunas de las pequeñas personas en la historia de las ciencias, me refiero a personalidades intermedias y menos conocidas, pero cuyo trabajo fue sin embargo muy importante para avanzar en el conocimiento de la química y la física. Por ejemplo, gente de la talla de Anton Van den Broek, economista holandés, que fue quien primero concibió la idea de un número atómico para cada elemento, idea que se convirtió en la base para los famosos experimentos de Henry Moseley.

Mi tercer y último libro publicado por Oxford University Press, se llama "Un cuento de siete elementos" (1), en él analicé en profundidad la forma en que los últimos siete elementos fueron descubiertos entre los originales 1-92 de la vieja tabla periódica. ¿Por qué precisamente siete?

Esto es porque, después que Moseley había consolidado el concepto de número atómico, se hizo evidente que solo siete elementos quedaban por descubrir. Aun habiendo Moseley provisto lo que parecía ser un método categórico para determinar qué nuevos elementos faltaba descubrir y, además, una manera sencilla de caracterizar estos nuevos elementos mediante difracción de rayos X, el descubrimiento se dio en medio de numerosos conflictos por temas de prioridad que llevaban a demandas y contrademandas.

También traté de profundizar en el análisis de las causas de los conflictos por prioridad entre los científicos, y en la búsqueda de algún significado subyacente a este fenómeno. Finalmente sugerí que, cualesquiera que sean las causas que los provoquen, lo importante es que la ciencia en su conjunto avanza, y que el hecho de que los científicos involucrados en disputas de prioridad puedan tener sus egos magullados es de importancia secundaria.

Empecé a pensar en la ciencia como un todo unificado, tal vez como una especie de organismo análogo a la Gaia de James Lovelock (2), que evoluciona adaptándose a su medio ambiente. En el caso de la ciencia, el medio ambiente sería el conjunto de datos que hay que explicar e incluso los elementos que aun no se han descubierto. Sugiero que este proceso es gradual, en lugar de uno que experimenta repentinas revoluciones como propuso el famoso Thomas Kuhn en su influyente libro "La estructura de las revoluciones científicas".

Las pequeñas personas, figuras intermedias y menos conocidas, importan tanto como sus homólogos más conocidos como Bohr, Einstein y Schrödinger. La ciencia es un proceso en evolución sin costuras y esto se aprecia mejor cuando se incluyen los pasos importantes que aportaron "las pequeñas personas".

Visión a distancia

Apreciar la naturaleza de la ciencia requiere una visión desde lejos que se centre en la evolución general de las ideas, experimentos, e incluso de entidades como los elementos, en lugar de en los individuos, es decir en los científicos famosos o sus teorías. Por otra parte, las teorías no deben ser consideradas como "correctas" o "equivocadas"; al igual que los diversos pasos que se dan en la evolución biológica de las especies, éstos no están bien o mal, sino que simplemente varían en función de su adaptación al medio ambiente.

De acuerdo con este punto de vista, la ciencia no se desarrolla hacia una verdad que nos está haciendo señas para que nos dirijamos hacia ella, solo se desarrolla con el fin de afrontar mejor el medio ambiente o la situación en que la ciencia se encuentra en cualquier época particular. Todo esto supone una visión más bien pluralista de la ciencia en la que consideramos y valoramos el trabajo de la gente pequeña, que sólo ha aportado contribuciones de transición o, incluso, contribuciones que parecen haber sido ideas desatinadas.

Al mismo tiempo que me estaba planteando estas ideas viajé a Uruguay y Argentina para dar unas charlas en un par de conferencias internacionales (3). En ambas también participaba un viejo amigo y colega, Hasok Chang, quien ahora está en la Universidad de Cambridge y que dio una interesante conferencia en la que se mostró a favor del pluralismo en la ciencia. Chang hizo hincapié en la necesidad de mantener los enfoques alternativos para un mismo problema científico en un momento dado. Criticó la visión monista, aquella por la cual se cree importante eliminar todas menos una de las aproximaciones viables o teorías en cualquier situación dada. Tampoco cree que haya una verdad objetiva.

Cambio de opinión

Volviendo al tema de la tabla periódica óptima que he estado tan dispuesto a apoyar en el pasado: ¿Qué es lo que implican todas estas ideas sobre la ciencia que planteé? Pues que ahora pienso que estaba equivocado al esperar que existiera una única tabla, la mejor de todas, como si hubiera una forma platónica a la que la ciencia se dirige.

En lugar de señalar los pros y los contras de un par de formas candidatas de la tabla periódica, como lo hice en el segundo libro mencionado, ahora quiero dejar constancia de que renuncio por completo a la idea de una tabla periódica óptima. Mi visión, cada vez más clara, de la evolución gradual de la ciencia, y el hecho de que involucre a toda la comunidad científica, independientemente de que los científicos que compiten entre sí lo vean o no, me está diciendo que la ciencia no progresa hacia una verdad exterior. Ya no veo a la ciencia como teleológica (4), es decir encaminada a un final predeterminado, y esto refleja su naturaleza esencialmente biológica la que, como sabemos desde que surgió la biología evolutiva, no tiene un punto de *telos*, o punto final, al que se dirige. Los avances en la ciencia, incluyendo el desarrollo de la tabla periódica, crecen desde dentro mientras se mira a la ciencia pasada y no a algún objetivo externo mágico. Y aquí creo que Kuhn estaba en lo cierto al insistir, en su libro de las revoluciones científicas ya mencionado, en que el desarrollo científico es 'empujado desde atrás'.

Esto no me impedirá debatir las virtudes de algunas de las diversas formas de la tabla periódica, ni va a embotar mis facultades críticas cuando se enfrenten a lo que considere que es un sistema inconsistente. Pero, finalmente, voy a dejar la insistencia monista de que existe una mejor u óptima tabla periódica.

Notas del editor

1. Ver comentario del libro en página 20 de este número de Uruguay Ciencia.
2. Según la hipótesis de Gaia, la atmósfera y la parte superficial del planeta Tierra se comportan como un todo coherente donde la vida, su componente característico, se encarga de autorregular sus condiciones esenciales tales como la temperatura, composición química y salinidad en el caso de los océanos. La teoría fue ideada por el químico James Lovelock en 1969. (Fuente: Wikipedia)
3. Del 31 de julio al 3 de agosto se desarrolló en Uruguay el simposio de verano 2013 de la Sociedad Internacional para la Filosofía de la Química (ISPC). La actividad fue organizada conjuntamente por investigadores de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación y de la Facultad de Química dirigidos por Lucía Lewowicz.
4. La teleología se refiere al estudio de los fines o propósitos de algún objeto o algún ser, o bien literalmente, a la doctrina filosófica de las causas finales. Usos más recientes lo definen simplemente como la atribución de una finalidad u objetivo a procesos concretos. (Fuente: Wikipedia)

**** Eric Scerri*** *es catedrático en Química e Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de California, Los Ángeles. Es fundador y editor en jefe de la revista Foundations of Chemistry (Fundamentos de la Química). Obtuvo su doctorado en Historia y Filosofía de la Ciencia en el King's College, en Londres, Inglaterra.*
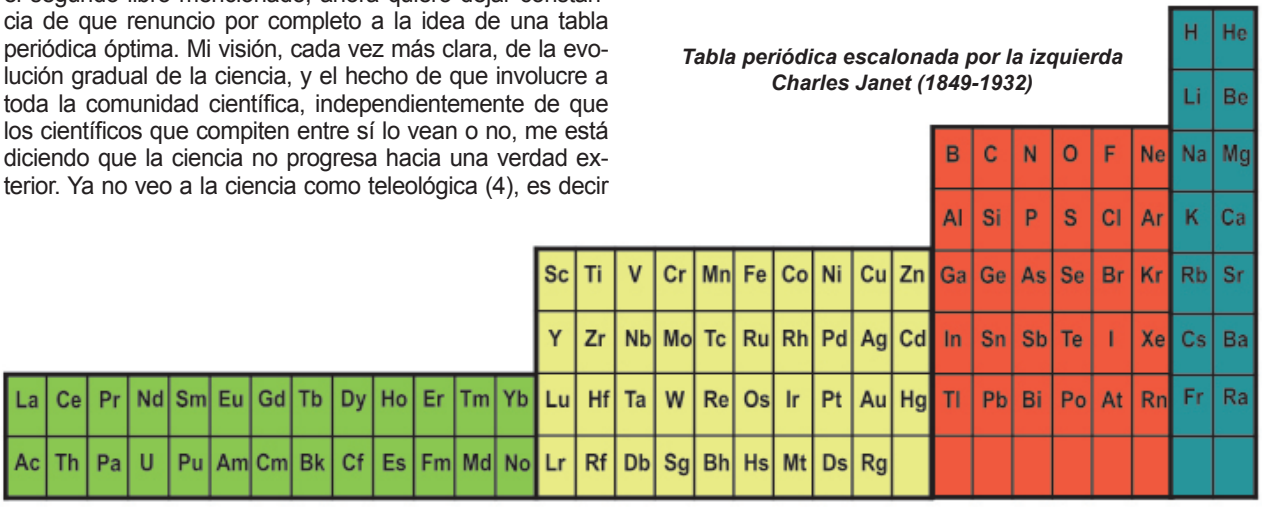
Tabla periódica escalonada por la izquierda
Charles Janet (1849-1932)