



Los ladrillos del Universo

Dimitri Ivanovich Mendeleev: orden en el caos

La mayoría de los primeros filósofos creyeron tan sólo principios a aquellos que se dan bajo la forma de materia; pues afirman que el elemento y principio primero de todas las cosas es aquel a partir del cual todas las cosas existen y llegan por primera vez al ser y en el que terminan por convertirse en su corrupción, subsistiendo la sustancia pero cambiando en sus accidentes; porque tal naturaleza se conserva siempre...
Aristóteles, *Metafísica*.

Desde la gloriosa época en la que los griegos se preguntaron sobre todo lo que existe, la búsqueda de los materiales con los que está construido el Universo ha sido un motivo recurrente en el quehacer de los amantes de la sabiduría.

A comienzos del siglo XIX dos acontecimientos, en principio escasamente relacionados, iban a abrir novedosas vías de indagación de consecuencias incalculables: el químico escocés John Dalton enunciaba, de forma articulada, su hipótesis atómica en el tratado *New System of Chemical Philosophy* (1808-1827) y el físico Alessandro Volta construiría, en torno a 1800, la primera pila eléctrica mediante la que se producía electricidad de un modo continuo.

La teoría esbozada por el primero permitía no sólo dar una explicación unificada de las regularidades observadas en las reacciones químicas —las masas de reactivos y productos eran iguales y los elementos que formaban un determinado compuesto se combinaban manteniendo una proporción fija— sino, también, predecir otras. Inauguraba así un nuevo marco de observación desde el que los misteriosos fenómenos de la química, hasta bien recientemente liga-

dos a la magia, adquirirían una dimensión diferente. Se desató una febril actividad para “pesar” los átomos y para determinar la composición atómica de lo que acabarían denominándose moléculas: las raíces de la formulación química se hundían en las intuiciones de Dalton.

El dispositivo construido por el segundo iba a convertirse, en manos de diversos investigadores, en una herramienta poderosa no sólo para explorar el mundo de la electricidad sino, también, como palanca para descomponer las sustancias compuestas en sus elementos. Será esta segunda aplicación la que, de una manera más inmediata, ayudará a la química a profundizar en la búsqueda de los ladrillos con los que se construye la diversidad material del mundo en que vivimos.

Así, hacia 1870, cuando nuestro personaje clave publica su famosa Tabla periódica de los elementos, estos han pasado a ser, gracias entre otras cosas a la utilización de la pila de Volta, unos 60 frente a la veintena catalogada a finales del siglo XVIII por Lavoisier. ¡Demasiados ladrillos!, ¡demasiados átomos distintos! ¿Puede acaso resultarnos extraño que en los ambientes científicos se encontrara instalada una sensación de incomodidad y disgusto?, ¿no es comprensible que se persiguieran con denuedo las claves que permitieran introducir orden en el caos? Uno de estos intentos, de claras resonancias presocráticas —William Prout postuló al hidrógeno como elemento primigenio, como primera materia de la que estaban hechos el resto— y recibido con escepticismo por la comunidad científica del momento sólo iba a mostrar su verdadero potencial cuando, más adelante, acabara afianzándose la visión evolutiva de toda la materia del Universo. Otro, más en la línea que alcanzaría su culminación en la Tabla de Mendeleev, apostaba por buscar conexiones que permitieran agrupar los elementos.

¿Qué es esta Tabla Periódica cuya clave sólo alcanzaría

a descifrarse en pleno siglo XX? ¿Qué misterio encierra? De forma sintética podemos decir que la clasificación periódica de Mendeleev no es otra cosa que la agrupación por familias de aquellos elementos químicos que poseen un comportamiento análogo en su actividad química. Su importancia radica no sólo en lo que consigue —introducir cierto orden en un caos previo— sino sobre todo en lo que sugiere —la regularidad de comportamiento de los elementos de una misma familia, inexplicable en términos de los toscos átomos de Dalton, exige la existencia de estructuras internas, ocultas, más complejas—. No era ésta la única pista que sugería la existencia de esta complejidad interior ya que desde la espectacular descomposición de la luz que Newton había conseguido haciendo pasar un haz a través de un prisma, la materia había continuado enviando señales inequívocas de la existencia de un mundo aún por explorar y totalmente desconocido. El propio Mendeleev se había aventurado en este territorio emergente de la espectroscopía y a la sombra de Kirchhoff y Bunsen había percibido que la complejidad de los patrones de la luz emitida por los distintos elementos químicos no podía proceder de los simples átomos de Dalton. Estos patrones, por otra parte, tenían una particularidad: la luz emitida por cada sustancia concreta poseía un espectro cromático que no sólo era privativo de esa sustancia sino que, además, era discreto, es decir, solo contenía ciertos colores.

Un submundo de dimensiones aún menores que los átomos parece atisbarse en el horizonte. El apasionante viaje al interior del átomo iba a iniciarse y en él la luz iba a jugar un papel esencial.

Miguel Hernández González
Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia

Las fronteras de la tabla periódica

La tabla de los elementos que usamos modernamente deriva de la diseñada por Mendeleev en 1870. Uno de los grandes éxitos de esta clasificación residió en que el químico ruso agrupaba los elementos por propiedades químicas similares y los ordenaba por sus pesos atómicos y haciendo las cosas de esta manera se observaba cierta periodicidad. Cuando quedaba un hueco en su tabla, lo dejaba, y pronosticó que esos elementos serían descubiertos más adelante. Predijo así lo que él llamó el eka-boro, eka-aluminio y eka-silicio, tres elementos que fueron efectivamente descubiertos en los 15 años subsiguientes a la publicación de su tabla y que tenían las propiedades previstas (corresponden al escandio, el galio y el germanio respectivamente). Posteriormente fueron apareciendo nuevos elementos que se situarían digamos al final de la tabla de Mendeleev, o formando grupos añadidos.

A partir del descubrimiento de la radiactividad y de la lenta comprensión de las propiedades nucleares no sólo quedó establecida con claridad el cómo y el porqué de las propiedades químicas de los elementos, sino también la razón de su abundancia en la Tierra. Esta reside más en las propiedades físicas del átomo (que dependen del núcleo).

Cuando, con el descubrimiento del neutrón, se propone definitivamente que el núcleo atómico está formado por protones y neutrones se acabó de completar el puzzle. Quedó claro entonces que las propiedades químicas de los elementos dependen de su número atómico (número de protones en el núcleo) y no de su peso atómico (número de protones más neutrones) que, sin embargo, es la clave para entender la estabilidad nuclear. Esta estabilidad es una medida del tiempo que tarda un núcleo en romperse espontáneamente. Si éste es muy pequeño, habrá pocos átomos de ese elemento en la Tierra y hay dificultades para encontrarlo. Si su tiempo de vida es grande, el elemento será abundante.

Los elementos con igual número de protones y distinto número de neutrones se llaman isótopos. En general unos isótopos difieren de otros en cuanto a su estabilidad. Sin entrar en profundidades, en los elementos que existen en la Tierra se observa que los más ligeros tienden a tener el mismo número de protones que de neutrones. A medida que se va aumentando el número atómico sin embargo se observa que sólo son estables los isótopos que tienen más neutrones que protones. La razón es que los protones se repelen entre sí, y los neutrones actúan a modo de pegamento. Cuantos más protones se tienen, más pegamento

LES GRANDES PÉRIODES									
K = 39	Rb = 85	Cs = 133	"	"	"	"	"	"	"
Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	"	"	"	"	"	"	"
"	Yt = 88.7	Di = 138.7	Er = 178.7	"	"	"	"	"	"
Ti = 48.7	Zr = 90	Ce = 140.7	La = 180.7	Th = 231	"	"	"	"	"
V = 51	Nb = 94	"	Fa = 182	"	"	"	"	"	"
Cr = 52	Mo = 96	"	W = 184	Ur = 240	"	"	"	"	"
Mn = 55	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Fe = 56	Ru = 104	"	Os = 195.7	"	"	"	"	"	"
Co = 59	Rh = 104	"	Ir = 197	"	"	"	"	"	"
Ni = 59	Pd = 106	"	Pt = 198.7	"	"	"	"	"	"
Cu = 63	Ag = 108	"	Au = 199.7	"	"	"	"	"	"
Zn = 65	Cd = 112	"	Hg = 200	"	"	"	"	"	"
"	In = 113	"	Tl = 204	"	"	"	"	"	"
"	Sn = 118	"	Pb = 207	"	"	"	"	"	"
"	Sb = 122	"	Bi = 208	"	"	"	"	"	"
"	Fe = 125.7	"	"	"	"	"	"	"	"
"	Br = 80	I = 127	"	"	"	"	"	"	"

hace falta para que los núcleos no se rompan por sí solos. El elemento natural más pesado estable (su vida media es 4.500 millones de años, la misma que la Tierra) es el isótopo de uranio formado por 92 protones y 146 neutrones, que tiene por tanto 238 de número atómico. Ese era, aparentemente, el límite de la tabla periódica.

En los años treinta del siglo pasado se observó que los neutrones eran inestables y que se podían desintegrar dando un protón, un electrón y un neutrino. Este hecho hizo pensar a Enrico Fermi que si se conseguía (lanzando neutrones contra un núcleo de uranio) que uno de esos neutrones fuera capturado por su núcleo, y se descompusiera como hemos dicho, se podría obtener un elemento con 93 protones que no existe en la naturaleza de forma natural.

Siguiendo esa intuición se consiguió en 1940 crear el neptunio (elemento 93) y poco después Glenn Seaborg en Berkeley creó el plutonio (94), especialmente importante porque, según los modelos teóricos, era un elemento con excelentes propiedades para la fabricación de bombas nucleares, como poco después se comprobó.

A partir de ahí se inició una carrera para la creación de elementos transuránicos. Durante los años cuarenta se consiguió fabricar hasta el elemento 98 siguiendo diferentes métodos. Para conseguir el americio (elemento 95), Glenn Seaborg, utilizó átomos de plutonio en los que provocó la desintegración beta. Después se obtuvo curio (el 96), el berkelio (97) y el californio (98). Los elementos 99 (einsteinio) y 100 (fermio) se encontraron entre las cenizas del

ensayo nuclear de la primera bomba de hidrógeno, en 1952 en las islas Bikini.

El átomo más pesado que haya existido en la Tierra, y probablemente en el Universo, tiene una masa atómica de 289 (114 protones y 175 neutrones en su núcleo), superando ampliamente la del elemento 112 (277), el más pesado hasta ahora. Fue creado en diciembre pasado en el Instituto de Investigación Nuclear de Dubna (Rusia), por un equipo de investigadores rusos y estadounidenses, liderado por Yuri Oganessian, tras cuatro meses de experimentos.

Los 30 segundos de vida que tuvo el nuevo átomo parecen confirmar la existencia de una “isla de estabilidad” en las inmediaciones de los elementos 114 o 115. Aunque 30 segundos puedan parecer un periodo demasiado corto de tiempo, hay que tener en cuenta que los elementos inmediatamente anteriores apenas sobreviven unas milésimas de segundo, siendo el 111 el más fugaz, ya que su vida media es de sólo 1,5 milisegundos. De hecho, todos los elementos transuránicos, que son los que ocupan los puestos 93 en adelante, son inestables y se desintegran en periodos de tiempo cada vez más cortos, y a partir del 107 ninguno supera el segundo. Pero hay razones teóricas para pensar que la configuración de esos elementos, el 114 por confirmar y el 115 por crear, deben ser mucho más estables que sus predecesores.

Luis Vega
Departamento de Física Fundamental y Experimental. Universidad de La Laguna