

## GEOGRAFÍA EN LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

*Enrique J. Baran*

Académico Titular de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

### Resumen

Se analiza el origen de los nombres de una serie de elementos químicos que guardan directa relación con la Geografía, porque se originaron en el nombre de ciudades, regiones geográficas o continentes. En todos los casos, se indaga también en diversos aspectos vinculados con el descubrimiento y la historia inicial de esos elementos.

*Palabras clave:* Tabla Periódica de los Elementos; Origen de elementos; Nomenclatura y ámbitos geográficos.

### Abstract

**Geography in the Periodic Table of the Elements.** The origins of the names of a series of chemical elements which are directly related to Geography are analyzed, as they were originated in the name of cities, geographic regions or continents. In all cases, the analysis is also extended to different aspects entailed to the discovery and initial story of these elements.

*Key words:* Periodic Table of the Elements; Origin of elements; Nomenclature and geographic places.

### 1. Introducción

La Tabla o Sistema Periódico de los Elementos constituye una de las herramientas más formidables de las que disponemos para los estudios en el campo de la Química. No existe ninguna otra generalización, tan completa y al mismo tiempo tan simple, que permita sistematizar y racionalizar hechos químicos y predecir aspectos nuevos como la que ella encierra y nos ofrece.

Comparada con otros hallazgos científicos, la Tabla Periódica es relativamente moderna ya que fue introducida recién en la segunda mitad del siglo XIX. Efectivamente, ya desde comienzos de ese siglo los químicos comenzaron a preocuparse por ordenar y clasificar de alguna forma a los elementos conocidos. Después de los primeros intentos en este sentido (las llamadas “tríadas” de Döbereiner (1829) o las “octavas” de Newlands (1865)), en 1869 el químico alemán Lothar Meyer (1830-1895) y el ruso Dimitri I. Mendelejeff (1834-1907), en forma independiente, propusieron una nueva visión y enfoque para este ordenamiento [1,2]. Ambos científicos postularon que las propiedades de los elementos son una función periódica de sus pesos atómicos (PA). Finalmente, en 1913 cuando Henry G.J. Moseley (1887-1915) enunció la Ley que lleva su nombre, clarificando definitivamente el concepto de número atómico (Z), la clasificación original de Mendelejeff quedó definitivamente justificada y

sólidamente establecida [1], llevando finalmente a la conformación de Tabla Periódica que actualmente conocemos y manejamos (Fig. 1).

1												18						
1 H	2												13	14	15	16	17	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	57-71 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	89-103 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuq	

Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Fig. 1. Tabla Periódica de los Elementos, aprobada por IUPAC (2013).

## 2. Nombres de los elementos químicos

La forma o manera de nombrar los elementos químicos también ha tenido una larga e interesante historia. Obviamente, hay una serie de elementos que se conocían desde la antigüedad (caso del oro, la plata, el cobre o el hierro [3,4]) y cuyos nombres ya estaban claramente establecidos y aceptados “desde siempre”. En cambio, ya en períodos históricos más recientes, la manera de nombrarlos de alguna forma dependió generalmente de sus descubridores, de su localización, de alguna de sus propiedades o de algún otro hecho fortuito.

La única norma regulatoria para esta cuestión apareció recién a mediados del siglo XX, cuando la IUPAC (Internacional Union of Pure and Applied Chemistry) estableció que el nombre de los metales debía terminar en el sufijo *-io*. Pero, en realidad, la mayoría de los elementos ya habían sido descubiertos antes del establecimiento de esa norma y si se analiza cuidadosamente la Tabla Periódica se verá que en los nombres de los elementos aparecen involucradas cuestiones de diverso tipo y variado origen.

Así, por ejemplo, numerosos elementos fueron denominados en base a sus coloraciones típicas o en base al color de alguna de sus sales o al de la luz emitida por el espectro de ellas. Así, por ejemplo, el nombre cloro proviene del griego *chloros*, que significa verde pálido; el yodo, del griego *iodes* que significa violeta; el rubidio del latín *rubidis* (rubio), por el color rojo intenso que muestran sus sales en el espectro de emisión; el rodio del griego *rhodon* (rosa) por el color que presentan las soluciones acuosas de algunas de sus sales; el fósforo del latín *phosphoros*, que significa portador de luz.

También algunas propiedades organolépticas quedaron reflejadas en los nombres. Así bromo, viene del griego *bromos*, que significa hedor o pestilencia, por su desagradable olor, y también osmio, del griego *osme*, olor, por el fuerte olor de su óxido OsO<sub>4</sub>.

En algunos casos, y sobre todo para muchos de los elementos sintéticos obtenidos en décadas recientes, se han elegido nombre de personalidades científicas relevantes, tal el caso del curio (por Marie y Pierre Curie), mendelevio (por Dimitri Mendelejeff), nobelio (por Alfred Nobel), einstenio (por Albert Einstein) o bohrio (por Niels Bohr). En este contexto es interesante de mencionar que el nombre de seaborgio para el elemento 106, en homenaje a Glenn T. Seaborg (1912-1999), constituyó el primer, y hasta ahora único caso en la historia de la Química en que el nombre de un elemento fue propuesto para homenajear a un científico viviente, descubridor de un gran número de elementos transuránidos [5].

En otros casos, algunos elementos fueron nombrados en relación a cuerpos celestes. Tales son los casos de uranio, neptunio y plutonio, que ocupan lugares consecutivos en la Tabla Periódica de forma análoga a Urano, Neptuno y Plutón en el Sistema Solar. También selenio (de Selene, luna) y telurio (de Tellus, tierra) y cerio (por el asteroide Ceres) constituyen otros ejemplos análogos de nombres de ese origen.

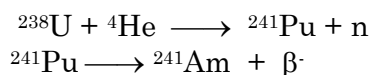
Obviamente, en el listado aparecen también nombres mitológicos, como en el caso de vanadio (por Vanadis, diosa de la belleza y la fertilidad en la mitología nórdica), promecio (por el titán Prometeo, ladrón del fuego), torio (por Thor, dios de la guerra en la mitología nórdica), tantalio (por Tántalo, hijo de Zeus).

Y, finalmente, hay un poco más de una veintena de nombres derivados claramente de sitios o lugares geográficos, tanto de países o regiones, como de ciudades y hasta de continentes y, en un caso, hasta de un río. Y a este aspecto, que nos permite relacionar a la Tabla Periódica con la Geografía, dedicaremos el resto de este artículo.

### 3. Geografía en la tabla periódica

Para comenzar, diremos que dos elementos llevan el nombre de continentes: europio y americio. El europio ( $Z = 63$  y  $PA = 151,96$ ), es uno de los elementos del grupo de los lantánidos o tierras raras, y fue descubierto por el químico francés Eugene A. Demarçay (1852-1903), quien tenía un valiosa experiencia en el campo de los estudios espectroscópicos y había colaborado mediante la utilización de estas técnicas con el matrimonio Curie, en la caracterización del radio [5]. Durante el año 1901 Demarçay realizó una serie de estudios con un nitrato doble de samario y magnesio (que era uno de los tipos de compuestos que se utilizaban para separar elementos lantánidos por cristalización fraccionada), detectando en el mismo pequeñas cantidades de un elemento nuevo, diferente del samario. Observación que finalmente pudo corroborar con absoluta certeza a través de nuevas medidas espectroscópicas y, al dar a conocer sus resultados propuso el nombre de europio para el nuevo elemento, en homenaje al continente europeo [6]. El elemento natural está compuesto de proporciones casi iguales de los isótopos  $^{151}\text{Eu}$  y  $^{153}\text{Eu}$  [7]. Dentro del grupo de los lantánidos, su química muestra algunos aspectos muy interesantes debido a que aparte de compartir con los otros miembros del grupo el estado de oxidación general  $\text{Ln(III)}$ , la estabilidad de su estado de oxidación  $\text{Eu(II)}$ , derivado de la capa electrónica  $4f$  a medio llenar ( $4f^7$ ), es bastante notable lo que le confiere algunas características y peculiaridades bastantes únicas dentro del grupo [1,8,9].

Por su parte, el americio ( $Z = 95$ ), es uno de los elementos obtenidos sintéticamente y pertenece al grupo de los actínidos. Fue obtenido en 1944 por G.T. Seaborg, R.A. James y L.O. Morgan, bombardeando en el ciclotrón de Berkeley,  $^{238}\text{U}$  con partículas  $\alpha$  de alta energía, según:



Si bien la emisión  $\beta^-$  del  $^{241}\text{Pu}$  no pudo ser detectada, debido probablemente a su muy baja intensidad, al cabo de un cierto tiempo se detectó la presencia de una emisión  $\alpha$ , proveniente del isótopo 241 del elemento de  $Z = 95$ , con lo que su generación quedó confirmada [5]. Sus descubridores propusieron para el nuevo elemento el nombre de americio, en homenaje al continente americano. Todos los isótopos de este elemento, son, obviamente, radiactivos y en la actualidad se conocen más de quince de ellos, siendo los de vidas más largas el  $^{243}\text{Am}$  (7370 años) y el  $^{241}\text{Am}$  (472,7 años); todos los demás isótopos tienen tiempos de semidesintegración de unas pocas horas o minutos [7].

Otros cinco elementos de la Tabla Periódica derivan sus nombres de cuatro países europeos, Alemania, Francia, Polonia y Rusia. Uno de ellos es el germanio ( $Z = 32$  y  $PA = 72,59$ ), elemento ubicado en el grupo 14 debajo del silicio en la Tabla Periódica. Su existencia y propiedades habían sido predichas correctamente por Mendelejeff (quien lo llamó *eka-silicio*), de acuerdo a su posición en la Tabla y fue finalmente aislado por el químico alemán Clemens Winkler (1838-1904) en 1886, a partir del mineral argirodita,  $\text{GeS}_2 \cdot 4\text{Ag}_2\text{S}$ . Winkler propuso para el nuevo elemento el nombre de germanio, versión latina de Alemania, su país natal. El elemento está conformado por cinco isótopos, el más abundante de los cuales es el  $^{74}\text{Ge}$  (abundancia 36,4%) [7]. Su comportamiento químico general es bastante similar al del silicio y el elemento y varios de sus compuestos han encontrado valiosas aplicaciones tecnológicas [1,9].

Dos elementos derivan su nombre de Francia, uno de ellos del nombre actual (francio) y el otro de su antigua versión latina (galio). El francio ( $Z = 87$ ) es el más pesado de los elementos alcalinos y fue el último elemento químico descubierto en la Naturaleza, antes de ser obtenido sintéticamente. Está presente como microtraza en los depósitos de uranio. En 1939, la física francesa Marguerite Perey (1909-1975), trabajando en el Instituto Curie de París, logró aislar por primera vez una pequeña cantidad de  $^{223}\text{Fr}$  ( $t_{1/2} = 21,8$  minutos) y después de algunas idas y vueltas contradictorias respecto a su posible nomenclatura finalmente propuso darle el nombre de francio, en homenaje a su país natal. El isótopo aislado por Perey es el de vida más larga conocida. Todos los demás isótopos hasta ahora caracterizados (alrededor de treinta) y obtenidos a través de diverso tipo de reacciones nucleares, tienen vidas mucho más cortas, del orden de unos pocos minutos, segundos o fracciones de segundo [7]. Como era de esperar, el elemento muestra una fuerte analogía química con el cesio.

También la existencia de galio ( $Z = 31$  y  $PA = 69,72$ ) y varias de sus propiedades habían sido correctamente predichas por Mendelejeff, quien lo había llamada *eka-aluminio*. El elemento no existe libre en la Naturaleza sino que habitualmente aparece asociado en forma de compuestos sulfurados al  $\text{Zn(II)}$  y al  $\text{Ge(IV)}$ , sus dos vecinos inmediatos en la Tabla Periódica o al  $\text{Al(III)}$ , su homólogo más liviano en el grupo 13. De hecho, habitualmente se lo ha extraído de la bauxita o de la blenda de zinc ( $\text{ZnS}$ ); en la industria moderna es un subproducto de la metalurgia del aluminio, ya que durante el proceso Bayer, utilizado para la obtención de este último metal, las soluciones alcalinas se van enriqueciendo gradualmente en galio, ya que la proporción inicial  $\text{Ga/Al}$  que es del orden de 1/8000, gradualmente puede llegar a ser del orden 1/300, permitiendo de esta forma la recuperación electrolítica del galio [1].

Su descubrimiento fue realizado durante el año 1875 por el químico francés Paul E. Lecoq de Boisbaudran (1838-1912), quien años más tarde descubriría también los elementos lantánidos samario y disprosio [6]. Boisbaudran inicialmente detectó la presencia de este

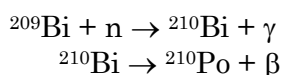
nuevo elemento espectroscópicamente en un concentrado de blenda de zinc y poco tiempo después fue capaz de aislar una pequeña cantidad del metal puro, utilizando la vía electrolítica. Seguidamente, y a partir del procesamiento de varias toneladas del mineral logró disponer de una mayor cantidad del nuevo elemento al que llamó galio, en homenaje a su país, utilizando el antiguo nombre romano del mismo. En estudios posteriores incluso llegó a determinar con mucha exactitud su peso atómico.

El galio natural está conformado por dos isótopos, el  $^{69}\text{Ga}$  (abundancia 60%) y el  $^{71}\text{Ga}$  (abundancia 40%) [7]. La peculiaridad más interesante del elemento es su bajo punto de fusión (29,78 °C) lo que hace que a temperaturas ligeramente por encima de la ambiente ya sea líquido, y por esta razón se lo usa frecuentemente como líquido termométrico en termómetros de alta temperatura. Desde el punto de vista químico y como Ga(III) tiene un fuerte carácter anfotérico igual que su análogo más liviano, el Al(III), con el que comparte muchas otras propiedades. En la tecnología moderna ha encontrado variadas aplicaciones en al campo de la electrónica [1].

El polonio ( $Z = 84$ ) fue descubierto, junto al radio, durante el transcurso del año 1898 por los esposos Pierre y Marie Curie en Paris. Ambos elementos fueron detectados durante el tratamiento químico de enormes cantidades del mineral de uranio pechblenda. Durante este procesamiento encontraron que había un material fuertemente radiactivo que permanecía asociado al bismuto y si bien no hallaron la manera de poder separar ambos componentes, pudieron enriquecer esta fracción hasta lograr una muestra cuya actividad era casi 400 veces mayor que la del uranio. De esta forma, llegaron a la conclusión de que habían detectado la presencia de un nuevo elemento al que llamaron polonio, en homenaje a la patria de Maria. Este hallazgo fue inmediatamente publicado y fue un caso único en la historia de la Química, ya que se anuncia el descubrimiento de un nuevo elemento que permanece invisible y sólo pudo ser detectado en base a la radiación que emitía [5].

La elección del nombre dado al elemento también encerraba un desafío de tipo político, ya que en ese momento, Polonia no era un país libre ya que se encontraba dividido bajo el dominio conjunto de Prusia, Austria y Rusia y se supone que Maria Curie, al proponer ese nombre lo hizo ante todo para dar nuevamente visibilidad a su Patria y llamar la atención internacional sobre su situación [10].

Obviamente, todos los isótopos conocidos de este elemento son radiactivos con tiempos de vida relativamente cortos. El único que presenta un tiempo de semidesintegración algo mayor es el  $^{209}\text{Po}$  ( $t_{1/2} = 102$  años) [7]. Por otro lado, y dada la relativamente escasa abundancia natural del elemento, prácticamente todos nuestros conocimientos en torno a las propiedades físicas y químicas del mismo se han obtenido a través del estudio del núclido sintético  $^{210}\text{Po}$  ( $t_{1/2} = 138,4$  días), que se puede obtener fácilmente irradiando  $^{209}\text{Bi}$  con neutrones en un reactor nuclear, según [1]:



La historia del descubrimiento del rutenio ( $Z = 44$  y  $PA = 101,07$ ) tiene algunos puntos confusos [11] ya que en el año 1828 el químico y físico alemán Gottfried W. Ossan (1796-1866) estudiando algunos minerales conteniendo platino, proveniente de los montes Urales, creyó haber encontrado tres elementos nuevos a uno de los cuales, aparentemente, denominó rutenio (por Ruthenia, la antigua denominación latina de Rusia). Sin embargo, sus resultados no pudieron ser confirmados por el famoso químico sueco Jöns Jacob Berzelius

(1779-1848), razón por la cual Ossan desechó sus conclusiones. Algunos años después, el químico y naturalista ruso Karl E. Klaus (1796-1864), encaró activamente estudios en torno a los minerales platiníferos existentes en los Urales y, finalmente, durante el año 1844 logró obtener una buena cantidad de polvo del nuevo elemento. En la publicación en la que informó de los resultados de su descubrimiento dijo también que daba el nombre de rutenio al nuevo elemento en homenaje a su Patria y teniendo en cuenta que Ossan ya había desechado su eventual hallazgo del mismo [11]. De esta manera, sin embargo, reconoce a este último el origen inicial del nombre.

También Klaus, recurrió a la opinión de Berzelius para confirmar sus resultados, la que en este caso fue altamente positiva y llena de elogios al trabajo y a las conclusiones de Klaus, quien de esta manera llegó a constituirse rápidamente en una figura científica importante de su época.

Poco tiempo después de su descubrimiento, Klaus continuó trabajando intensivamente con el nuevo elemento, determinando por primera vez su peso atómico aproximado, así como sus principales características y propiedades químicas y también realizó interesantes trabajos con el osmio, rodio e iridio, transformándose de esta manera en el padre de la Química de los elementos del grupo del platino, un área de la investigación química que siempre tuvo muchos e importantes cultores en Rusia y luego en la ex-Unión Soviética [11].

El rutenio, pertenece junto al rodio, paladio, osmio, iridio y platino al grupo llamado de los “elementos del platino” y fue, el último de los elementos de ese grupo en ser descubierto. En la Naturaleza existe en forma de siete isótopos estables, el más abundante de los cuáles es el  $^{102}\text{Ru}$  (abundancia 31,6 %) [7].

Pasemos ahora a los cuatro elementos cuyos nombres derivan de regiones geográficas, que son magnesio, escandio, tulio y californio.

Minerales conteniendo magnesio y calcio, así como sodio y potasio, sus vecinos en la Tabla Periódica, se conocen desde tiempos remotos, aunque no se supo nada acerca de su naturaleza química hasta el siglo XVII. Los griegos llamaban piedra de Magnesia a un mineral blanco y esponjoso del que había abundantes depósitos en la región de Magnesia en Tesalia [1]. Los árabes lo denominaron talco y a veces se lo llama también esteatita y sabemos hoy que se trata de  $\text{Mg}_3[(\text{OH})_2|\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  [12].

El reconocimiento del magnesio como nuevo elemento se atribuye habitualmente al médico y químico escocés Joseph Black (1728-1799) quien lo describió en 1755. Pero, recién en 1808 el famoso químico británico Sir Humphry Davy (1778-1829) logró obtener magnesio metálico puro por vía electrolítica y denominó inicialmente al nuevo metal como *magnum*, derivado del nombre común que se daba al  $\text{MgO}$  (magnesia), pero el término fue rápidamente reemplazado por el de magnesio. Aquí resulta también oportuno de recordar que Davy no sólo aisló el magnesio, sino también los metales calcio, estroncio, bario, sodio y potasio y, conjuntamente con William T. Brande (1788-1866), también el litio.

El magnesio ( $Z = 12$  y  $PA = 24,312$ ) pertenece al grupo de los metales alcalino-térreos y es un elemento muy abundante tanto en la corteza terrestre como en las aguas de mar. Es un elemento sumamente reactivo y por lo tanto nunca aparece libre en la Naturaleza, conociéndose más de un medio centenar de minerales que lo contienen. Su composición isotópica natural está conformada por los isótopos  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{25}\text{Mg}$  y  $^{26}\text{Mg}$ , siendo el más liviano de

ellos el más abundante (abundancia del 78,99%) [7]. Es también uno de los metales esenciales para la vida y cumple una gran variedad de funciones en los sistemas biológicos [13].

El escandio ( $Z = 21$ ,  $PA = 44,956$ ), elemento que inicia la primera serie de metales de transición, es muy poco abundante en la Naturaleza y probablemente debido a ese hecho es que su descubrimiento fue relativamente tardío. Inicialmente y en el año 1879 el químico sueco Lars-Fredrik Nilson (1840-1899) pudo aislar un óxido, derivado de un elemento todavía no identificado, contenido en depósitos minerales suecos ricos en lantano e itrio y lo denominó escandio, en obvia alusión a Escandinavia [1]. Pocos años después otro químico sueco, Per Teodor Cleve (1840-1905), que como veremos un poco más abajo fue el descubridor de los elementos holmio y tulio, logró disponer de una mayor cantidad del nuevo óxido y comenzó a estudiar numerosas sales del elemento a partir del mismo, logrando incluso determinar su peso atómico. No obstante, recién en 1937 un grupo de investigadores de la Universidad de Freiburg (Alemania) logró obtener una primera muestra de escandio metálico puro, por electrólisis de una mezcla eutéctica de los cloruros de litio, potasio y escandio trabajando a 700-800 °C y, asimismo, determinó algunas de las propiedades físicas más importantes del metal [14].

Durante el año 1879, Cleve siguiendo un procedimiento originalmente sugerido por Carl G. Mosander (1797-1858) para la búsqueda de nuevos elementos lantánidos comenzó a purificar esmeradamente una muestra de óxido de erbio,  $Er_2O_3$ , y después de separar una serie de contaminantes conocidos logró identificar dos óxidos, uno marrón y uno verde, asociados a dos elementos todavía no conocidos. Denominó al primero de ellos holmia y al segundo tulia, nombres de los que se derivaron los de los respectivos elementos, holmio y tulio [6]. El nombre de tulio era el nombre que los griegos y las viejas cartografías europeas daban a las regiones más nórdicas que se conocían, y las geografías medievales denotaban con ese nombre a una región ubicada en “el borde del mundo conocido”. Según nuestros conocimientos actuales la denominación podría asociarse con Islandia o aún con la misma Escandinavia y ese parece haber sido el motivo de la elección del nombre por parte de Cleve.

El tulio ( $Z = 69$  y  $PA = 168,934$ ) es uno de los tres lantánidos más pesados y tiene un solo isótopo natural estable, el  $^{169}Tm$  [7]. Por tratarse de un elemento sumamente escaso en la Naturaleza se tardó bastante tiempo en obtener datos precisos y confiables sobre su química y sus compuestos y además había que procesar enormes cantidades de mineral para obtener pequeñas cantidades del mismo. La primera caracterización detallada de varias de sus sales en estado de alta pureza fue logada recién en 1911 por el químico británico Charles James (1880-1928), un discípulo de William Ramsay que se había trasladado a los EEUU de NA y trabajaba en la Universidad de New Hampshire en Durham, utilizando laboriosos procedimientos de cristalización fraccionada [15].

Por último, el californio, uno de los elementos actínidos, fue obtenido inicialmente en la Universidad de California, Berkeley, por el grupo de investigadores liderado por Glenn T. Seaborg (1912-1999), bombardeando  $^{242}Cm$  con partículas  $\alpha$ , según:



Este experimento generó unos 5.000 átomos del nuevo elemento. Cantidades mayores del mismo, que permitieron obtener información más detallada sobre el comportamiento de este elemento recién pudieron obtenerse unos diez años más tarde, irradiando durante mucho tiempo  $^{239}Pu$  con neutrones [5,16]. El grupo de Seaborg propuso

para el nuevo elemento el nombre de californio, en homenaje a su Universidad y al estado de California en la que estaba radicada.

El californio ( $Z = 98$ ), obviamente, no tiene isótopos estables conociéndose en la actualidad unos veinte isótopos del elemento, la mayoría de ellos son emisores  $\alpha$  y además, algunos de ellos tienen fuerte tendencia a fisionarse espontáneamente. Los de mayor vida son el  $^{251}\text{Cf}$  ( $t_{1/2} = 898$  años), el  $^{249}\text{Cf}$  ( $t_{1/2} = 351$  años) y el  $^{250}\text{Cf}$  ( $t_{1/2} = 13,08$  años) [7].

Una cantidad importante de elementos tiene nombres derivados de ciudades y a ellos habremos de referirnos a continuación. Un primer aspecto muy interesante es que tres elementos del grupo de los lantánidos, el erbio, el iterbio y el terbio, junto con el itrio, que si bien no es un lantánido generalmente aparece naturalmente asociado con ellos, deben su nombre a la localidad sueca de Ytterby, cercana a Estocolmo, donde había depósitos minerales muy ricos en todos estos elementos [6]. En 1794 el químico y mineralogista finlandés Johann Gadolin (1760-1852) aisló de estos depósitos el óxido de un nuevo elemento, al que inicialmente se llamó yttria, por su origen geográfico y que finalmente se transformó en el nombre de itrio, para el nuevo elemento. Con los otros tres elementos, ocurrió lo mismo y fueron identificados con nombres derivados del nombre del mismo lugar geográfico.

El erbio y el terbio fueron identificados por el químico sueco Carl Gustaf Mosander (1797-1858) en 1843 mientras que el químico suizo Jean Charles Galissard de Marignac (1817-1894) descubrió el iterbio recién durante el año 1878.

El itrio ( $Z = 39$  y  $PA = 88,905$ ), es el análogo más pesado del escandio, ubicado en el grupo 3 de la Tabla Periódica. Como ya se mencionara, muestra fuertes analogías químicas con los lantánidos y usualmente aparece asociado con los minerales que contienen esos elementos, esencialmente la xenotima y la monazita. Presenta un solo isótopo estable, el  $^{89}\text{Y}$ , y su química está fuertemente asociada al estado de oxidación Y(III). Soluciones de este catión son, obviamente, incoloras ya que el mismo no contiene electrones desapareados.

El terbio ( $Z = 65$  y  $PA = 158,924$ ), el erbio ( $Z = 68$  y  $PA = 167,26$ ) y el iterbio ( $Z = 70$  y  $PA = 173,04$ ), se ubican en la segunda mitad de la familia de los lantánidos, tienen respectivamente uno, seis y siete isótopos estables [7] y se encuentran usualmente en los mismos minerales mencionados previamente para el itrio. Todos ellos presentan el comportamiento químico típico de los lantánidos, asociado a la fuerte estabilidad del estado de oxidación Ln(III), excepto el iterbio que, al igual que el europio, presenta además, como Yb(II) ese estado de oxidación bastante estable, una situación claramente asociada con su configuración electrónica  $4f^{14}$  [8,9].

Como se mencionara anteriormente, durante sus trabajos de purificación de muestras de  $\text{Er}_2\text{O}_3$ , Cleve había encontrado dos nuevos óxidos a los que denominó holmia y tulia y ya hemos mencionado más explícitamente al segundo de ellos y ahora ampliaremos la información respecto del primero. Los químicos y espectroscopistas suizos Jacques-Louis Soret (1827-1890) y Marc Delafontaine (1837-1911) observaron en 1878 por primera vez la presencia de un nuevo elemento durante sus estudios espectroscópicos de tierras raras y lo denominaron "elemento X". Ese mismo año Cleve, en forma independiente, identificó el óxido holmia (denominación que luego pasó al elemento en forma de holmio) y basó ese nombre en la denominación latina de Estocolmo su ciudad natal [6].

El holmio ( $Z = 67$  y  $PA = 164,930$ ) también se ubica en la segunda mitad de la familia de los lantánidos, siendo el elemento anterior al erbio y, al igual que la serie de



elementos previamente discutidos, presenta el comportamiento químico típico de este grupo de elementos. En la Naturaleza existe en forma de un único isótopo estable ( $^{165}\text{Ho}$ ) [7].

El lutecio, nombre que deriva de la denominación latina de Paris (*Lutetia*) fue descubierto independientemente por el químico francés Georges Urbain (1872-1938), el mineralogista austríaco Auer von Welsbach (1858-1929) y el ya antes mencionado químico británico Charles James. Todos ellos lo encontraron en muestras impuras del óxido de iterbio,  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ . Urbain lo denominó ya inicialmente *lutecium* mientras que von Welsbach lo llamó *cassiopeium* (por la constelación Cassiopeia) y esto significó sólo el inicio de una larga disputa entre los dos investigadores acerca de quien fue el del descubridor del nuevo elemento y además ambos se acusaron recíprocamente de plagio. En cambio, James que parece haber llegado a tener una cantidad mucho mayor del elemento que sus dos colegas, nunca se inmiscuyó en la disputa y simplemente publicó sus resultados más tarde [6].

Finalmente, en 1909 la Comisión Internacional de Pesos Atómicos dio la prioridad a Urbain, dado que sus resultados habían sido publicados un poco antes que los del colega austriaco y cincuenta años después se cambió definitivamente su nombre de *lutecium* por *lutetium*, que es su actual nombre en inglés. De todas formas, los químicos alemanes y gran parte de la bibliografía en ese idioma siguieron usando el nombre de *cassiopeium* hasta alrededor de los años de 1950.

El lutecio ( $Z = 71$  y  $PA = 174,97$ ) es el más pesado de los elementos lantánidos y, junto con el tulio, uno de los menos abundantes en la Naturaleza [8] en la que existe en forma de dos isótopos estables ( $^{175}\text{Lu}$  y  $^{176}\text{Lu}$ ) aunque el segundo de ellos que presenta una abundancia de 2,6% es, en realidad, débilmente radiactivo emitiendo radiación  $\beta^-$  con un tiempo de semidesintegración del orden de  $3,3 \times 10^{10}$  años [7]. Por todo lo demás, su química es claramente análoga a la del resto de los miembros de su grupo.

Otro elemento pesado que debe su nombre al de una ciudad es el hafnio. Este fue el antepenúltimo elemento natural en ser descubierto y su existencia había sido predicha por Mendelejeff. Ya en 1911, Urbain durante sus trabajos con los elementos lantánidos creyó haber encontrado a ese elemento, lo denominó *celtio* y dijo que aparecía como el más pesado de los lantánidos. Sin embargo, poco tiempo después Niels Bohr (1885-1962), en base argumentos derivados de la estructura electrónica de los átomos, afirmó que el elemento debería ser un análogo del zirconio y no un lantánido. Por otro lado, Moseley analizó por rayos X una muestra que le fue provista por Urbain y no encontró ninguna evidencia del nuevo elemento, desechando concluyentemente la propuesta de Urbain [17,18].

Para avanzar en la solución de este problema, en 1923 Bohr encomendó a dos investigadores extranjeros que estaban haciendo estadias en su laboratorio, el húngaro Georg von Hevesy (1885-1966) y el neerlandés Dirk Coster (1889-1950) que trataran de encarar la búsqueda del elemento. Para ello, ambos investigadores realizaron una serie cuidadosa de cristalizaciones fraccionadas de muestras de  $(\text{NH}_4)\text{ZrF}_6$  encontrando que pequeñas cantidades del nuevo elemento acompañaban al zirconio en este compuesto. A partir de ese hallazgo, fueron capaces de concentrarlo, obtenerlo en forma pura y finalmente caracterizarlo fehacientemente por su espectro de rayos X [17-19]. Por otra parte, también lograron detectar la presencia del elemento, utilizando la misma metodología, en depósitos de zircón ( $\text{ZrSiO}_4$ ) existentes en Noruega, estimando que la cantidad del nuevo elemento presente en ese mineral era del orden del 1%. Asimismo, propusieron para el mismo el nombre de hafnio, en homenaje a la ciudad de Copenhague, cuyo nombre latino era *Hafniae* [17-19].

El hafnio ( $Z = 72$  y  $PA = 178,49$ ) posee cinco isótopos naturales estable cuyos números másicos van de 176 a 180, el más abundante de los cuales es el  $^{180}\text{Hf}$  (abundancia 35,1%) [7].

El hafnio es mucho menos abundante que el zirconio y además, debido a la llamada “contracción de los lantánidos” ambos metales en su estado de oxidación más usual tienen prácticamente el mismo tamaño ( $\text{Zr(IV)} = 0,72 \text{ \AA}$ ;  $\text{Hf(IV)} = 0,71 \text{ \AA}$ ) [1], lo que dificulta claramente su separación y explica, en parte, el largo tiempo que tuvo que pasar hasta que fue posible identificar al hafnio [17]. Ya un año después de su descubrimiento fue posible obtener el metal en estado de alta pureza, a partir de  $\text{HfI}_4$ , utilizando el método de van Arkel y de Boer [18], método que todavía se sigue utilizando en la actualidad con el mismo propósito [1].

Aparte del magnesio, hay un segundo metal alcalino térreo que debe su nombre a una ciudad, se trata del estroncio descubierto en 1790 entre los minerales existentes en una mina de plomo del poblado escocés de Strontian. El descubridor fue, aparentemente, el médico y químico irlandés Adair Crawford (1748-1795) quien después de examinar una muestra mineral que aparentemente era de carbonato de bario, concluyó que en realidad debía ser un compuesto de un elemento diferente y nuevo y propuso para el mineral el nombre de estroncia [20], del que se derivó luego el nombre del elemento.

Los resultados de Crawford fueron rápidamente confirmados por otros químicos europeos y, finalmente en 1808, Sir Humphry Davy logró obtener el metal puro por vía electrolítica [20].

Es interesante de comentar que durante casi todo el siglo XIX el principal uso del estroncio fue su utilización en el proceso de obtención de azúcar a partir de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*). En este proceso se calcinaba el carbonato de estroncio mineral con carbón, en presencia de vapor de agua, para generar  $\text{Sr(OH)}_2$ , el cual se agregaba al líquido extraído de la remolacha, trabajando a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , con lo que se lograba la precipitación de sacaratos de estroncio altamente insolubles, los que luego podían fraccionarse y separarse del estroncio.

Como se dijo, el estroncio ( $Z = 38$  y  $PA = 87,62$ ) es un elemento del grupo de los alcalino-térreos, ubicándose entre el Ca y el Ba en la Tabla Periódica. En la Naturaleza, existe en forma de cuatro isótopos estables, de números másicos, 84, 86, 87 y 88, el último de los cuáles es el más abundante (abundancia 82,6%) [7]. Por sus propiedades químicas es fuertemente análogo a los congéneres con los que comparte el grupo [1,9].

El último de los elementos cuyo nombre se deriva de una ciudad es, otra vez, un elemento sintético, de la familia de los actínidos. Se trata del berkelio ( $Z = 97$ ), obtenido por primera vez en 1949, casi simultáneamente con el californio, por el grupo de Glenn T. Seaborg, mediante la siguiente reacción nuclear:



y el nombre le fue dado en homenaje a la ciudad de Berkeley, donde se hizo su descubrimiento. Cantidades mayores del nuevo elemento recién pudieron ser obtenidas, varios años después, utilizando otras reacciones nucleares [5] y partiendo de otros blancos diferentes al Am, utilizado en la síntesis original, p.ej. isótopos del Pu o del Cm.

El berkelio posee alrededor de una docena de isótopos, todos obviamente radiactivos. El más estable de los cuales es el  $^{247}\text{Bk}$  que es un emisor  $\alpha$ , con  $t_{1/2} = 1380$  años. Por su parte, el  $^{249}\text{Bk}$ , que se desintegra por emisión  $\beta^-$ , tiene un tiempo de semidesintegración de 314 días. Todos los otros isótopos tienen vidas muchas más cortas [7].

El renio fue el último de los metales no radiactivos en ser descubierto, y esto ocurrió poco tiempo después del ya comentado descubrimiento del hafnio. Los químicos alemanes Ida Tacke (1896-1978), Walther Noddack (1893-1960) y Otto Berg (1873-1939), detectaron en 1925 su presencia en algunos minerales de platino, así como en columbita y en gadolinita [1,18] y propusieron para el mismo el nombre de rhenium, derivado del nombre latino del río Rin: Rhenus. Tres años después, y cuando Ida Tacke ya se había casado con Noddack, lograron obtener un gramo de renio metálico procesando 660 Kg de molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ) [21].

El nuevo elemento también fue descubierto independientemente por los británicos F.H. Loring y J.G.F. Druce y los checos V. Dolejšek y J. Heyrovsky, quienes descubrieron trazas de renio en diferentes sales y compuestos de manganeso. El grupo inglés lo descubrió a través de su espectro de rayos X mientras que los investigadores checos lo lograron mediante técnicas de análisis electroquímicos [18].

Incidentalmente, debemos mencionar que los Noddack y Berg creyeron, incorrectamente, haber identificado también el todavía no conocido elemento de  $Z = 43$ , al que denominaron masurio, en homenaje a la región prusiana de Masuren, de donde era originaria la familia Noddack y que se había perdido en la Primera Guerra Mundial y actualmente pertenece a Polonia [1,18]. En realidad ese elemento, ahora llamado tecnecio, recién fue descubierto en 1937 y es el más liviano de los elementos radiactivos conocidos.

El renio ( $Z = 75$  y  $PA = 186,2$ ) es el análogo más pesado del manganeso y se ubica entre el wolframio y el osmio en la tercera serie de metales de transición, mostrando el comportamiento físico y químico típico de los metales pesados de esa parte de la Tabla Periódica. En la Naturaleza se presenta en forma de dos isótopos estables  $^{185}\text{Re}$  (27,4%) y  $^{187}\text{Re}$  (62,6%) [7].

Para finalizar, hemos dejado el caso del elemento bismuto, el origen de cuyo nombre es ciertamente conflictivo y no ha quedado nunca claramente establecido. Incluso, si bien varios minerales de bismuto y aun el mismo metal se conocían desde hace mucho tiempo, inicialmente no se lo distinguió claramente del plomo y el estaño [22]. El primero que parece haber descrito sin lugar a dudas el metal fue Georg Agrícola (1494-1555) en 1530 en su tratado "*Bermannus sive de re metallica*" mientras que en 1546 en su trabajo "*De natura fossilium*" hace una descripción más completa y comparativa diciendo que existen tres tipos de plomo, uno blanco brillante al que llama *plumbum candidum* (Sn), uno color ceniza, llamado *plumbum cinearum* (Bi) y uno negro, *plumbum nigrum* (Pb). Del plomo color ceniza dice que no era conocido ni por los griegos ni por los latinos, mientras que los alemanes lo llaman *bisemutum*. Esta denominación seguramente se debe a la latinización del término alemán, cosa que Agrícola hacía frecuentemente. La nomenclatura alemana original, es la que habría que rastrear para saber el verdadero origen del nombre. Una posibilidad es que se originara en *wisse* (en alemán antiguo: *wiz*) *Masse* (masa blanca, trozos rocosos) que, con el tiempo, se contrajo en *wismuth*. También se ha sugerido que el nombre inicial podría ser de origen árabe (*bi ismid* o *bsimutiyun*), sufriendo diversas transformaciones a lo largo del tiempo. Otros autores sugieren que podría originarse en las palabras Wies y Mutung. El primero hace referencia a un sitio geográfico denominado in den Wiesen en el Schneeberg (montes

metalíferos, Sajonia), donde existían depósitos de minerales de bismuto y otros metales, y el segundo era el nombre que se daba a la concesión que autorizaba una explotación minera [23]. Si este fuera realmente el origen del nombre, estaríamos frente a otro ejemplo del tipo de los presentados a lo largo de este artículo.

El bismuto ( $Z = 83$  y  $PA = 208,98$ ) es el miembro más pesado del grupo del nitrógeno y existe en la Naturaleza en forma de un único isótopo estable ( $^{209}\text{Bi}$ ) [7], siendo éste el átomo no radiactivo más pesado que se conoce. Su estado de oxidación más estable es como Bi(III) aunque se conocen algunos compuestos de Bi(V), como por ej. el  $\text{BiF}_5$  o el anión  $\text{BiO}_3^-$ , que son fuertemente oxidantes. Por otro lado, es el metal más diamagnético conocido y uno de los peores conductores térmicos y eléctricos [1].

En conclusión, 21 elementos de la Tabla Periódica, esto es alrededor de un 20% de los mismos, tienen nombres derivados de países, continentes, ciudades o regiones geográficas y además para uno de ellos el nombre fue derivado del de un río. Esta información resulta no sólo interesante sino también muy atractiva, cuando se analiza la Tabla Periódica ya que permite ampliar nuestra visión y bagaje informativo en torno al origen de muchos elementos y sus nombres y, asimismo permite establecer un vínculo, si se quiere un tanto inesperado, entre la Química y la Geografía.

## Referencias

- [1] N.N. Greenwood & A. Earnshaw, *Chemistry of the Elements*, Pergamon Press, Oxford, 1984.
- [2] M.E. Weeks, *J. Chem. Educat.* 9, 1593 (1932).
- [3] M.E. Weeks, *J. Chem. Educat.* 9, 4 (1932).
- [4] M.E. Weeks, *J. Chem. Educat.* 20, 63 (1943).
- [5] E.J. Baran, *Los Premios Nobel en Química Inorgánica*, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires, 2015.
- [6] M.E. Weeks, *J. Chem. Educat.* 9, 1751 (1932).
- [7] W. Seelmann-Eggebert, G. Pfennig & H. Münzel, *Nuklidkarte*, 4ta. Ed., Kernforschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe, 1974.
- [8] Th. Moeller, *The Chemistry of the Lanthanides*, Reinhold, New York, 1963.
- [9] F.A. Cotton, G. Wilkinson, C.A. Murillo & M. Bochmann, *Advanced Inorganic Chemistry*, 6ta. Edic., Wiley, New York, 1999.
- [10] J.M. Sánchez Ron, *Maria Curie y su Tiempo*, Ediciones Folio S.A., Madrid, 2003.
- [11] V.N. Pitchkov, *Plat. Met. Rev.* 40, 181 (1996).
- [12] H. Strunz, *Mineralogische Tabellen*, 7a. Edic., Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig, 1978.
- [13] E.J. Baran, *Química Bioinorgánica*, McGraw-Hill Interamericana de España S.A, Madrid, 1995.
- [14] W. Fischer, K. Brünger & H. Grieneisen, *Z. Anorg. Allgem. Chem.* 231, 54 (1937).
- [15] C. James, *J. Am. Chem. Soc.* 33, 1332 (1911).
- [16] J.C. Wallmann, *J. Chem. Educat.* 36, 340 (1959).
- [17] W.C. Fernelius, *J. Chem. Educat.* 59, 242 (1982).
- [18] M.E. Weeks, *J. Chem. Educat.* 10, 161 (1933).
- [19] D. Coster & G. Hevesy, *Nature* 111, 79 (1923).
- [20] M.E. Weeks, *J. Chem. Educat.* 9, 1046 (1932).
- [21] I. Noddack & W. Noddack, *Z. Anorg. Allgem. Chem.* 183, 353 (1929).
- [22] M.E. Weeks, *J. Chem. Educat.* 9, 11 (1932).

- [23] E. Grab-Kempf, Zur Etymologie von Dt. Wismut. En: *Beiträge zur Geschichte der deutschen Sprache und Literatur* (H. Paul, W. Braune, et al., Eds.) vol. 125, pp. 197-206, De Gruyter, Berlin, 2003.

*Manuscrito recibido el 5 de junio de 2015.*

*Aceptado el 31 de julio de 2015.*