

3. La tercera dimensión de la tabla periódica de los elementos: los isótopos

En la época de Mendeléiev se creía que cada elemento era único y que cada uno debía tener una masa atómica entera: hidrógeno 1, carbono 12, flúor 19, etc. Por eso las determinaciones de Cannizzaro fueron tan importantes para Mendeléiev (1869) y en ese tipo de medidas se distinguió nuestro malogrado Enrique Moles; sus datos para el bromo (1916) y otros muchos fueron aceptados por la Comisión Internacional de Pesos Atómicos de la IUPAC.

Hacia 1920, Thomson y Aston, ambos Premio Nobel, descubrieron que los elementos del sistema periódico eran mezclas de isótopos (elementos cuyo núcleo contiene el mismo número de protones pero difiere en el número de neutrones). Los experimentos de desintegración de elementos radioactivos condujeron, aproximadamente al mismo tiempo, a poner en evidencia la existencia de isótopos.

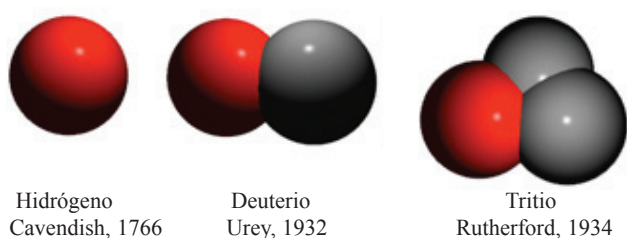


Figura 3. Isótopos del hidrógeno.

Curiosamente a mucha gente cuyo difuminado conocimiento de la tabla periódica data de sus años escolares, le resultan familiares los isótopos. El caso más sencillo es el de los tres isótopos del hidrógeno (Figura 3): El hidrógeno o **protio**, muy abundante (por eso, una masa atómica de 1 fue una buena aproximación para el hidrógeno) y muy importante en la búsqueda de energías alternativas (si se consigue la fotólisis **abiótica** del agua). El deuterio, ¿quién no ha oído hablar del sabotaje del deuterio noruego (hace falta mucha electricidad para producirlo) para impedir que Hitler consiguiese una bomba atómica (efecto discutible pero célebre)? En fin, la prensa habla del tritio iraní (el único de los tres que es radioactivo). Cuando se habla del hidrógeno sin precisar el isótopo se debe usar **hidrón**.

El sistema periódico tiene una tercera dimensión (Figura 4): **la isotópica**, muy importante en resonancia magnética nu-

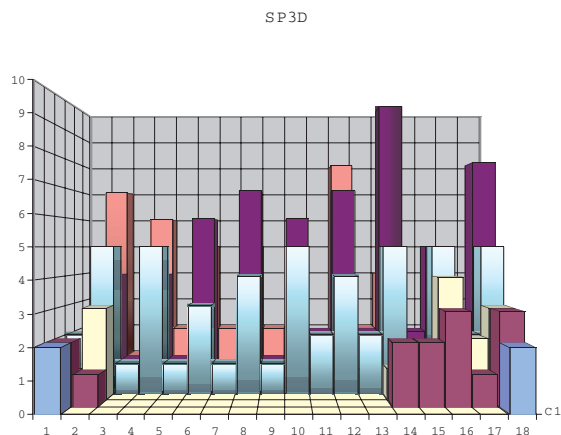


Figura 4. El sistema periódico en su tercera dimensión: la isotópica.

clear (por ejemplo, sólo el poco abundante carbono-13 es "visible", siendo el carbono-12 "transparente" al tener un espín nulo). Hay elementos que sólo tienen un isótopo (nucleido) estable: Na, Cs, Be, Al, P, As, Bi, F, I, Mn, Co, Au, Sc, V, Rb, Y, Nb, Rh, In, La, Pr. Eu. Otros tienen muchos (hasta 10).

4. Historia de los elementos de la tabla periódica por países

La figura 5 contiene dos elementos radioactivos (**tecnecio** y **prometio**) "perdidos" entre los elementos que tienen, al menos, un isótopo estable y 12 elementos que eran conocidos desde la antigüedad, incluidos los **"siete metales"**: hierro, cobre, plata, oro, mercurio, estaño y plomo. No figuran los demás elementos radioactivos.

En la Figura 6 hemos añadido los descubrimientos de dos grandes países: Francia con 14,5 (la otra "mitad" corresponde a otro país que co-descubrió el elemento) y Reino Unido con 18,5 elementos. Como los países y sus fronteras han cambiado a lo largo del tiempo, estas denominaciones son aproximadas. La barra inclinada significa que el elemento ha sido descubierto por dos países (ninguno ha sido descubierto por tres).

En la tercera figuran (Figura 7) los otros dos grandes países descubridores: Suecia con 19 y Alemania con 12 elementos: ¡ya quedan pocos huecos!

En la cuarta (Figura 8) figuran una serie de "pequeños" países (pequeños como descubridores de elementos: Suiza (3) y Rusia, Austria y Dinamarca con 2 elementos cada una).

Faltan los descubridores de un sólo elemento (insisto, no radioactivo): Finlandia (el **itrio**, Y), Rumania (el **teluro**, Te) y los Estados Unidos (el **astato**, At). Los dos huecos y medio de España quedan por rellenar, lo que hemos destacado en rojo en la Figura 9: platino, wolframio y medio vanadio (la otra mitad del vanadio es para Suecia).

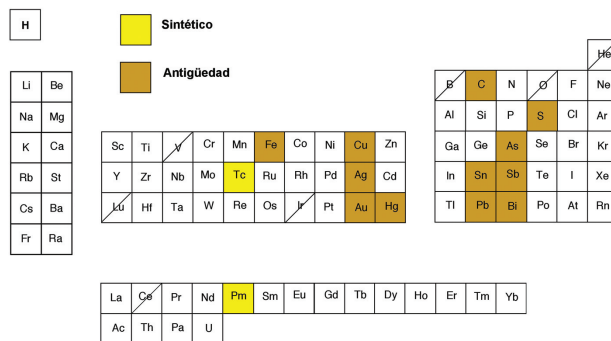


Figura 5. Elementos conocidos desde la antigüedad y dos sintéticos "perdidos" entre los elementos.

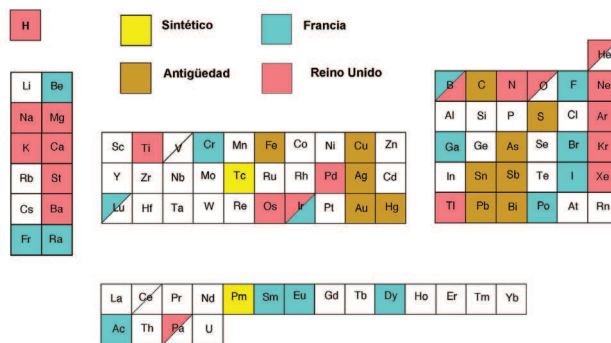


Figura 6. Añadidos los elementos descubiertos por Francia y Reino Unido.

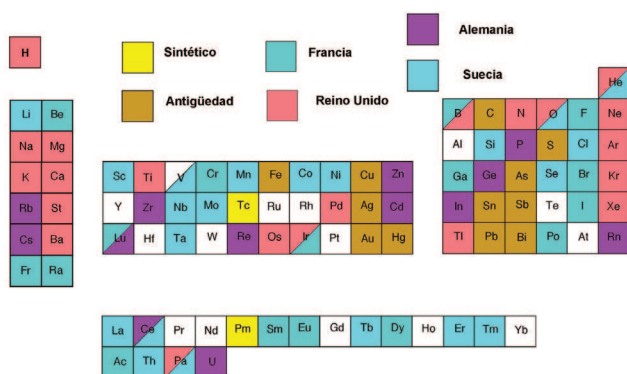


Figura 7. Elementos descubiertos desde la antigüedad y por cuatro países.

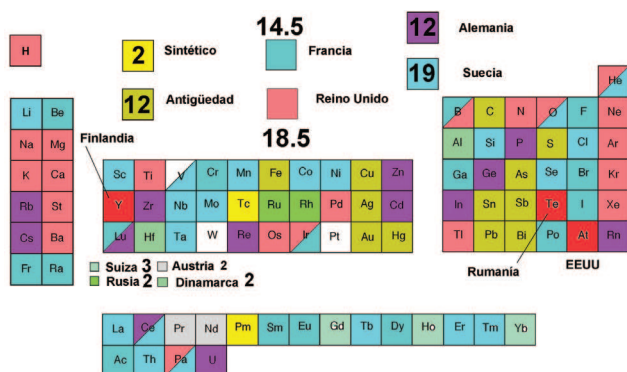


Figura 8. Elementos descubiertos desde la antigüedad y por otros países.

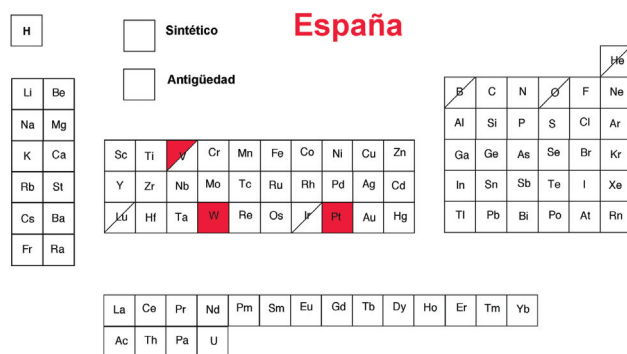


Figura 9. Elementos descubiertos por españoles.

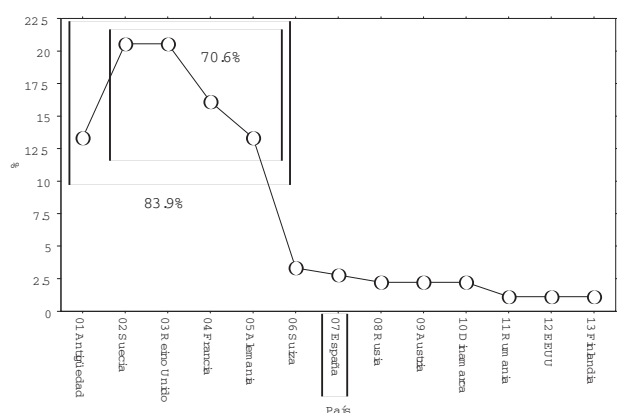


Figura 10. Distribución del descubrimiento de elementos por países.

En resumen (Figura 10), entre cuatro países descubrieron el 70% de los elementos estables y si se tienen en cuenta los conocidos desde la antigüedad, sólo quedan 16% a repartirse entre todos los países del mundo.

5. Los tres elementos "españoles": Pt, V, W.

Me he permitido insertar una pequeña cronología para situar los descubrimientos de los tres elementos en su tiempo (Figura 11). Es una cronología muy simplificada (por ejemplo, no figura Luís I) pero permite situar los descubrimientos españoles en la Ilustración, definida como el periodo que va desde el primer rey Borbón a la invasión de España por Napoleón.

Las dos fechas del platino corresponden a su descubrimiento y a la publicación del descubrimiento, como luego explicaré. Algunos datos de historia de Europa y algunos grandes descubrimientos también figuran: Newton, Fahrenheit, Franklin, Lavoisier, Gay-Lussac y Dalton.

Años	Elementos	Historia de España	Historia de Europa	Historia de la ciencia
1700		Acceso al trono de Felipe V		— Newton: luz y color
1710			— Fallece Luis XIV	— Fahrenheit: termómetro
1720				
1730				
1740	1735: platino			
1750	1748: platino	Acceso al trono de Fernando VI		— Benjamin Franklin: pararrayos
1760		Acceso al trono de Carlos III	Reinado de Federico el Grande	
1770				
1780	1783: wolframio			
1790		Acceso al trono de Carlos IV	Revolución francesa	— Lavoisier: nomenclatura — Lavoisier: <i>Traité Élémentaire de Chimie</i>
1800	1801: vanadio		Napoleón	— Dalton: ley — Dalton: teoría atómica
1810			Waterloo	
1820				

Figura 11. Cronología de los descubrimientos de elementos por españoles encuadrada en hechos históricos.

a) Imágenes

Como ejemplo de platino, un crisol (Figura 12a, de 40 mL de capacidad, peso de unos 32 g y precio de unos 1.500 €) que me ha parecido más apropiado que una joya. El crisol es un préstamo de mi amigo José María Fernández Navarro quien lo usa en el Instituto de Óptica del CSIC para fundir vidrios. El platino tiene muchos isótopos estables, en particular el platino-195, con 33,8% de abundancia y espín 1/2, es perfecto para RMN.



Figura 12. De izquierda a derecha: (a) platino, (b) vanadinita, (c) wolframita.

La vanadinita $[Pb_5(VO_4)_3Cl]$, Figura 12b]: es un clorovanadato de plomo. El vanadio tiene dos isótopos estables, el vanadio-51 es mucho más abundante que el otro y ambos "visibles" en RMN pero "malos", con espines muy altos.

La wolframita $[(Fe,Mn)WO_4]$, Figura 12c]: es un wolframato de hierro y manganeso (en proporciones variables). El wolframio también tiene muchos isótopos estables con uno "bueno" para RMN, el wolframio-183, aunque relativamente poco abundante (no sólo cuenta la abundancia, también cuen-

ta la sensibilidad relativa, definida con respecto a $^1\text{H} = 1,0$). Respecto al empleo del wolframio para endurecer el acero, cabe resaltar que el **acero de Damasco**, afamado por conservar el temple, contiene siempre wolframio y cromo, si bien no es probable que esto sea intencionado.

b) Historias

Afortunadamente, la historia de los descubrimientos de los elementos depende poco del país que las escribe, por ejemplo el Espasa-Calpe o la Enciclopedia Británica cuentan casi lo mismo. En efecto, ¿que valdría un libro de historia que no es reconocido por nuestros rivales? Yo tengo una historia de Méjico y otra de Argentina escritas en sus países respectivos y, desde luego, no es lo que nos enseñan aquí.



Figura 13. D. Antonio de Ulloa y de la Torre Giral (1716–1795).

- **Platino**. En 1735 (reinando el duque de Anjou con el nombre de Felipe V -1700–1746-), D. Antonio de Ulloa y de la Torre Giral (Figura 20), astrónomo y marino, en su viaje con D. Jorge Juan y Santacilia a la América Meridional observó un mineral denominado "platina" (pequeña plata) en las minas de oro del río Pinto en lo que hoy es Colombia. Al regresar a España en 1745 su barco fue atacado por corsarios y finalmente Ulloa fue capturado por la marina británica. Fue conducido a Londres y sus documentos confiscados, pero sus amigos de la "Royal Society" lo liberaron, sus documentos le fueron devueltos y él fue elegido miembro de dicha Sociedad en 1746. Mientras tanto, en 1741, Sir Charles Wood trajo a Inglaterra las primeras muestras del metal y siguiendo la publicación de Ulloa de 1748 (ya reinaba en España Fernando VI -1746–1759-), se empezaron a estudiar sus propiedades en Inglaterra y en Suecia. Se le empezó a conocer como "**oro blanco**" (ese término se usa hoy día para describir una aleación oro-paladio) y como "**el octavo metal**" (los siete metales oro, plata, mercurio, cobre, hierro, estaño y plomo, conocidos desde la antigüedad), pero hubo muchas dificultades para trabajarlo debido a su alto punto de fusión y su carácter quebradizo (debido a impurezas de hierro y cobre).

- **Wolframio**. El único elemento químico aislado en suelo español fue el wolframio, aislado en 1783 por los riojanos Juan José (1754–1796) y Fausto de Elhuyar (1755–1833) (o Delhuyar o De Luyart, Figura 21) que trabajaban en el Real Seminario Patriótico de Vergara (Guipúzcoa). Aunque no hay ninguna duda sobre la paternidad de este elemento, es el único elemento de la tabla periódica para el que la IUPAC admite (o mejor, admitía) dos nombres: **wolframio** y **tungsteno** (curiosamente, el Espasa, lo llama tungsteno). En 1781 el gran Carl Wilhelm Scheele (1742–1786) que aunque sólo vivió 43 años, tiene en su haber el descubrimiento del

oxígeno, nitrógeno, cloro, bario, manganeso y molibdeno, describió el **tungsteno**, pero de este último no aisló el elemento sino su óxido, WO_3 , a partir de un mineral llamado hoy día scheelita en su honor. El elemento puro lo aislaron los hermanos Delhuyar dos años más tarde, de la wolframita. A pesar de los esfuerzos españoles, encabezados por los Doctores Pascual Román y Pilar Goya, parece ser que la IUPAC se ha inclinado por el nombre tungsteno, aunque el símbolo sigue siendo W y, en español, su nombre es wolframio y las sales se seguirán llamando wolframatos.

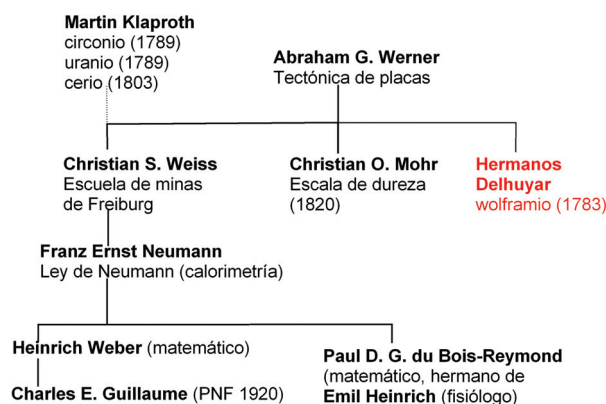


Figura 14. Los hermanos Delhuyar y su "árbol genealógico".

Los hermanos Delhuyar son claros representantes de la ilustración, viajaron mucho por Europa y forman parte de un entramado de grandes científicos (Figura 14): Klaproth (otro gran "descubridor" de elementos), Werner, el gran geólogo, Mohr, Weiss, Neumann, etc.

- **Vanadio**. En 1801 (reinando Carlos IV), Andrés Manuel del Río Fernández (Figura 15a) dijo haber descubierto el elemento 23 de la tabla periódica de los elementos, hasta entonces desconocido, en una mina de plomo mejicana (Zimapan) y como sus sales eran rojas, lo denominó **eritronio**. Cuatro años más tarde el francés Hippolyte Victor Collett-Descotils dijo que lo que había aislado, era en realidad cromato básico de plomo, lo cual condujo a del Río a retirar su reivindicación. En 1830 el elemento fue **redescubierto** (de ahí el reparto entre España y Suecia) por Nils Gabriel Sefström en ciertos minerales de hierro suecos. Por la riqueza y variedad de colores de sus sales, lo denominó vanadio en recuerdo de Vanadis, la diosa escandinava de la belleza. Un año más tarde, 1831, Friedrich Wöhler (el que sintetizó la urea, Figura 15b) estableció la identidad del vanadio y eritronio.

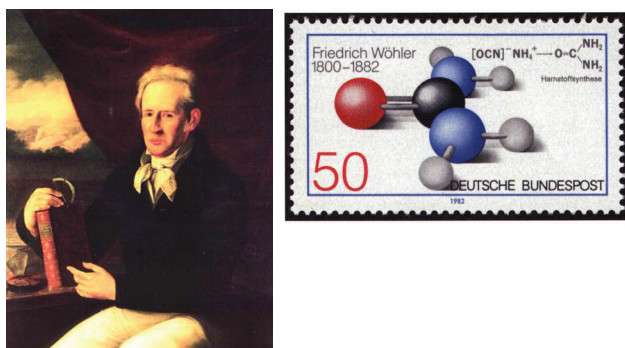


Figura 15. (a) Andrés Manuel del Río Fernández (Madrid 1764–México 1849). (b) Sello conmemorativo de la síntesis de la urea por Wöhler.

c) Literatura

a) Vanadio: "El Sistema Periódico". Uno de los capítulos (el penúltimo) del célebre libro de Primo Levi está dedicado a este elemento. Con una mezcla de ironía y tristeza, Primo Levi recuerda la figura del Dr. Müller a propósito de un envío de naftenato de vanadio, un aditivo de pinturas, a Italia.

b) Wolframio: "Uncle Tungsten". El psiquiatra neoyorquino Oliver Sacks ha dedicado un maravilloso libro al "Tío Wolframio" (un fabricante de bombillas con filamentos de wolframio) en el que se describe con bastante rigor los experimentos de los hermanos Delhuyar. Raúl Guerra Garrido fue finalista del Premio Planeta 1984 con su novela "El año del wolfram" y César Vallejo escribió en 1931 "El tungsteno" situada en una mina peruana.

c) Platino: Como el platino no es únicamente un metal muy importante en química y en la industria sino también en joyería, hay muchas referencias a él. Desde los discos de platino (más importantes que los de oro) hasta las rubias platino.

6. La Ilustración desde la perspectiva de la química.

a) La España de la Ilustración.

El espíritu de la Ilustración apareció en España, siglo XVIII, con la dinastía de los Borbones. Tal cambio dinástico supuso un extraordinario progreso en el pensamiento político, en la ciencia, en la educación, obras públicas y la cultura. Supuso la introducción de la racionalidad, tanto en la política como en la vida en general. En el reinado de Felipe V se inicia la creación de nuevas instituciones culturales con la fundación en 1714 de la Librería Real, que se convertiría más adelante en la Biblioteca Nacional, y la Real Academia Española de la Lengua. Las Academias de Medicina, la de Historia, Farmacia, Derecho y la de Artes de San Fernando, aparecieron veinte años después.

El extraordinario interés por la ciencia se traduce también por la creación del Gabinete de Historia Natural, los Jardines Botánicos, la Escuela de Mineralogía, el Gabinete de Máquinas del Retiro, el Real Laboratorio de Química y algunas Escuelas de Ingeniería. Continuamente llegaban de América nuevos minerales y especímenes zoológicos y botánicos, fruto de las expediciones científicas organizadas, y aparecieron también varios científicos eminentes: Mutis, Cavanillas, los hermanos Delhuyar, etc.

La lucha contra el aislamiento del resto de Europa con-

tribuyó enormemente a promover la actividad científica. Así se concedieron becas para formarse científicamente en el extranjero en lugar de prohibir los estudios fuera de España, como se había hecho en la época de la Contarreforma. El procedimiento se inició con una disposición de Felipe V en 1718 y se hizo habitual durante la segunda mitad de la centuria, con pensiones oficiales y privadas, y con la misma intención se contrataron científicos extranjeros: por ejemplo, en química y metalurgia, los franceses Pierre François Chavaneau (1754–1842) y Louis Joseph Proust (1754–1826). Destaca la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona como pionera en España. En 1785, el rey Carlos III y su primer secretario de Estado, el Conde de Floridablanca, decidieron fundar en la Corte una Academia de Ciencias. Entre las personas relacionadas con la química, destaca el médico murciano Diego Mateo Zapata, quién publicó en Sevilla una defensa de los medicamentos químicos titulada *Crisis médica sobre el antimonio* (1701). Era un científico convencido de la importancia de la química desde una visión moderna de la materia fuertemente inclinada hacia el atomismo. Junto a Zapata hay que citar al boticario toledano Félix Palacios, cuya *Palestra Pharmaceutica, Chimico-Galenica* (1706) fue un tratado que contribuyó decisivamente, a través de nueve ediciones, a la difusión de la química entre los de su profesión. Palacios tradujo, además, el *Curso Químico* del francés Nicolás Lemery, versión que apareció prologada por Zapata en 1721 y que puede considerarse la primera exposición sistemática de la química en castellano.

El Real Seminario Patriótico de Vergara tuvo como primer profesor al francés François Chavaneau quién consiguió en 1777 una técnica rentable de purificación del platino. Fue el primer profesor de química que tuvo. Debido al prestigio que ello le proporcionó, fue nombrado en 1787 director de la Real Escuela de Mineralogía de Madrid, así como del laboratorio de Química Metalúrgica. También iniciaron en Vergara su trayectoria docente e investigadora los hermanos Fausto y Juan José Delhuyar, como hemos comentado anteriormente.

Otro importante científico que pasó por esa institución fue Louis Joseph Proust. En 1786, y por recomendación de Lavoisier, Proust se encargó de la enseñanza de la química y la metalurgia en la Academia de Artillería de Segovia, así como del laboratorio químico allí instalado, que era entonces uno de los mejores de Europa. Quizás lo que muchas personas desconozcan es que realizó en España la práctica totalidad de sus aportaciones científicas, entre ellas la formulación de la ley de las proporciones definidas.

El farmacéutico, entonces boticario, Pedro Gutiérrez Bueno representa otra vertiente de la química de la época, conocido esencialmente por su labor como profesor de química. Otra faceta de la obra de Gutiérrez Bueno, fue la química industrial: dirigió una fábrica de ácido sulfúrico y una instalación de blanqueo de tejidos, ideó nuevas técnicas y publicó diversas obras sobre el tema, entre ellas una titulada *Manual de arte de vidrería* en 1799. Hay que destacar su traducción de los trabajos de Lavoisier y otros autores, que promovieron la nueva nomenclatura química en una fecha, 1788, simultánea a la versión inglesa y muy anterior a la de los demás.

Merece especial atención el menorquín Mateo Orfila (Mateu Josep Bonaventura Orfila i Rotger) nacido en Mahón el 24 de abril de 1787 y fallecido en París el 12 de marzo de 1853. Su actividad científica se desarrolló en los campos de la química, la medicina legal y la toxicología, disciplina que

supo cultivar hasta el punto de que la cambió por completo. Estuvo influenciado por la mentalidad anatomoclínica y sus conocimientos químicos eran de gran altura, es decir, dos condiciones para convertir a la toxicología en una ciencia sujeta a un riguroso método científico. Entre sus contribuciones podemos mencionar la de aclarar que la difusión de los venenos o de los tóxicos se realizaba por vía hemática, y la de crear el concepto de antitóxico. El *Traité des poisons ou toxicologie générale* (1814–1815) recoge por primera vez los resultados de los trabajos de Orfila. El libro fue traducido al inglés, castellano, italiano y alemán. La cercanía de su trabajo experimental con el de la naciente farmacología es muy evidente, sobre todo en el escenario donde se produjeron los acontecimientos que cambiarían el rostro de estas dos disciplinas.

Cuando Proust ya había vuelto definitivamente a Francia, se le ofrece a Orfila (entonces en París) la posibilidad de regresar a España. Orfila contesta "... yo aceptaría con mucho gusto la sustitución de este sabio ilustre bajo la doble condición siguiente, nacida de un propósito que por fuerza hallaréis honorable: Primero. Cada una de las tres provincias o reinos de España enviará cuatro jóvenes bien escogidos, que deberán ser pensionados por ellos y que seguirán mis cursos teóricos y prácticos durante tres años por lo menos. Segundo. Al final de sus estudios, los que de entre todos –después de un serio concurso– hayan sido dignos de ocupar una cátedra, serán nombrados inmediatamente profesores en las Academias, en las Universidades o en las poblaciones industriales o mercantiles respectivas. Estoy convencido de que adoptando este sistema, dentro de diez o doce años, España no tendrá nada que envidiar a las demás naciones en cuanto a Química, y yo podré felicitar me de haber podido prestar a mi país un efectivo y señalado servicio". Pero el secretario de Estado de entonces no contestó, Orfila se quedó en Francia y una gran oportunidad se perdió.

b) España como país normal

En la inauguración del centro de la UNED en Lavapiés (el 17 de octubre de 2006) escuché a Mercedes Cabrera, hoy Ministra de Educación y Ciencia, hablar de la historia de España y comentar que había una escuela de pensamiento (David Ringrose, Juan Pablo Fusi, Jordi Palafox, entre otros) que defiende, en contra de "El problema de España" de Américo Castro o del "España como problema" de Pedro Laín, que nuestro país es un país europeo normal. Eso lleva a concluir que no ha habido un "milagro español" y más allá, que tampoco ha habido una generación de héroes españoles

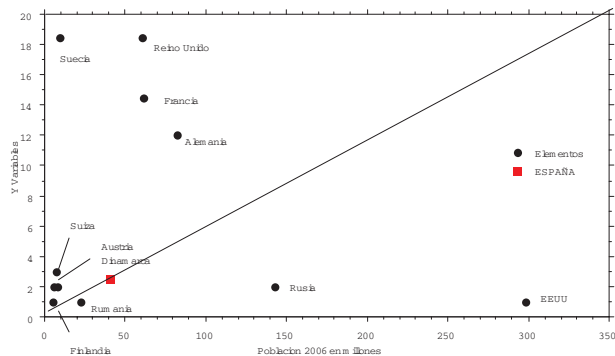


Figura 16. Número de elementos descubiertos por cada país relacionados con su población actual.

que, con un esfuerzo sobrehumano, han cambiado a España en los últimos 30 años.

Somos gente normal, en un país normal y en un momento normal de su historia.

7. Conclusión.

En la Figura 16 he representado el número (a veces fraccionario) de elementos descubiertos por cada país en relación a su población. Se trata de países actuales y de poblaciones 2006). Eso no es riguroso pero es suficiente para nuestro propósito. Como se trata de elementos estables, los grandes países descubridores (o deberíamos decir ¿sintetizadores?) de elementos radioactivos, EEUU y Rusia, pero también Alemania, están muy desfavorecidos.

El caso de Suecia es espectacular teniendo en cuenta su población: tuvo un pico de ciencia en el momento adecuado. Reino Unido, Francia y Alemania están donde deben. De los demás, hay poco que decir. Falta Italia y aparece Rumania. ¿Y España? Pues que ni tan buena como deseáramos todos los aquí presentes ni tan mala como pretenden algunos, españoles incluidos. **Ocupa un modesto pero honorable lugar.**

Si consideramos el año del descubrimiento (Figura 17, desde el cinc, 1500, al astato, 1940) y lo usamos para representar el número acumulado de elementos frente al año (dejando fuera al cinc, Figura 18) vemos que el platino se sitúa muy al principio, el wolframio ocupa una posición temprana y el vanadio se descubrió en un momento de gran actividad. Luego, España se para.

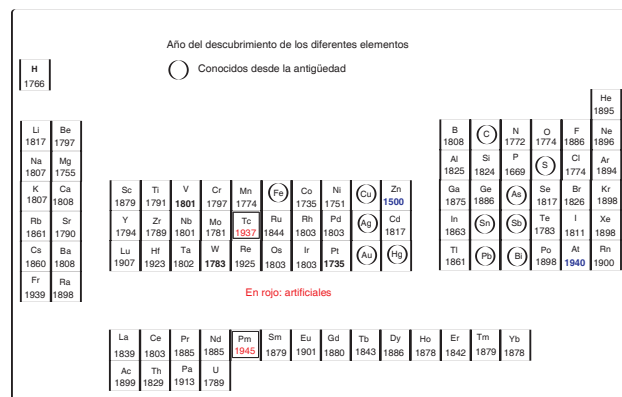


Figura 17. Año del descubrimiento de los diferentes elementos.

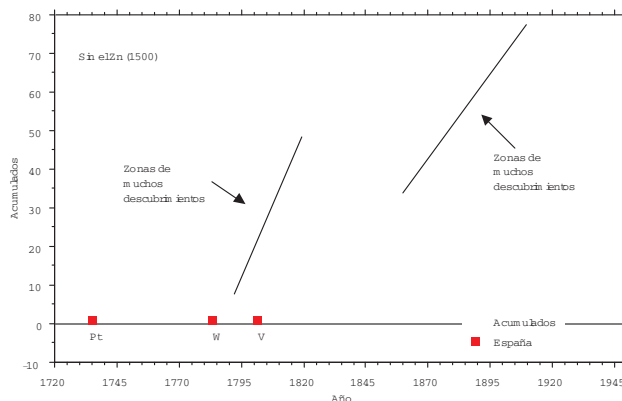
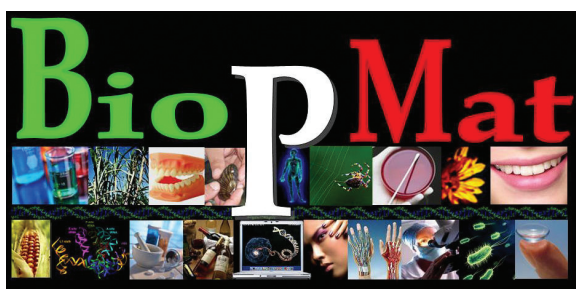


Figura 18. Número acumulado de elementos descubiertos desde 1720.

Bibliografía (por orden alfabético)

- [•] L. Bass, 'How to predict everything: Nostradamus in the role of Copernicus', *Reports on Mathematical Physics*, **2006**, 57, 13 (examen crítico del modelo de Gott).
- [•] J. R. Bertomeu-Sánchez, A. Nieto-Galan (Eds.), *Chemistry, Medicine, and Crime. Mateu J. B. Orfila (1787–1853) and His Times*, Science History Publications/USA Sagamore Beach, **2006**.
- [•] D. Bodanis, *E = mc². A Biography of the World's Most Famous Equation*, Pan Books, **2001**.
- [•] C. M. Caves, 'Predicting Future Duration from Present Age: A Critical Assessment', *Contemp. Phys.*, **2000**, 41, 143 (una demoledora crítica del principio de Gott por un estadístico profesional).
- [•] E. Clementi, *Computational Aspects of Large Chemical Systems, Lectures Notes in Chemistry*, Springer-Verlag, Berlín, **1980**, 19, 12.
- [•] F. Diaz, *Europa: de la Ilustración a la Revolución*, Alianza Editorial, Madrid, **1994**.
- [•] J. P. Fusi, J. Palafox, *España 1808–1996. El Desafío de la Modernidad*, Espasa Fórum, **1997**.
- [•] R. J. Gott, 'Implications of the Copernican principle for our future prospects', *Nature*, **1993**, 363, 315 (véase también, R. J. Gott, 'A Grim Reckoning', *New Scientist*, **1997**, 15 de noviembre, 36, que contiene el calculador de Gott).
- [•] P. Goya, P. Román Polo, *Chemistry International*, **2005**, 27, 26–27.
- [•] R. Guerra Garrido, *El año del Wolfram*, El Aleph, **1984**.
- [•] B. Hargittai, I. Hargittai, 'Dmitri I. Mendeleev: A Centennial', *Struct. Chem.* **2007**, 18, 253.
- [•] R. K. Harris, B. E. Mann, *NMR and the Periodic Table*, Academic Press, London, **1978**.
- [•] A. Kohen, H. H. Limbach, *Isotope effects in chemistry and biology*, CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, **2006**.
- [•] A. Lafuente, N. Valverde, *Los mundos de la ciencia en la ilustración española*, Residencia de Estudiantes, FECYT, **2003**.
- [•] P. Levi, *El sistema periódico*, Alianza Editorial, Madrid, **1988**.
- [•] M. Lora Tamayo, *La investigación química española*, Alhambra, Madrid, **1981**.
- [•] D. I. Mendeléiev, *La relació entre les propietats dels elements i llur pes atòmic*, traducción de J. M. Llinàs y L. Vicitori, Societat Catalana de Química, **2005**.
- [•] E. Moles, *Del momento científico español 1775–1825*, Discurso leído en la recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; contestación de Blas Cabrera. Madrid, C. Bermejo, impresor, **1934**, 117 páginas.
- [•] D. Ringrose, Spain, Europe and the "Spanish Miracle" 1700–1900, Cambridge University Press, Cambridge, **1998**.
- [•] P. Román Polo, *Los hermanos Delhuyar, la Bascongada y el Wolframio*, Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, San Sebastián, **2000**.
- [•] P. Román Polo, 'Wolframio, sí; tungsteno, no', *An. Quim.*, **2005**, 101(2), 42–48.
- [•] P. Román Polo, *El profeta del orden químico: Men-deléiev*, Nivola, **2002**.
- [•] P. Román Polo, 'El verdadero nombre del metal tungsten es: wolframio', *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, **2006**, 18, 25–31.
- [•] O. Sacks, *Uncle Tungsten. Memories of a chemical boyhood*, Picador, **2001**. Hay traducción al castellano: *El tío tungsteno. Recuerdos de un químico precoz*, Anagrama, Barcelona, **2003**.
- [•] J. M. Sánchez Ron, *Diccionario de la Ciencia*, Planeta, **1996**.
- [•] E. R. Scerri, *The Periodic Table. Its Story and Its Significance*, Oxford University Press, Oxford, **2007**.
- [•] J. A. Schufle, 'Juan Jose D'Elhuyar, Discoverer of Tungsten', *J. Chem. Educ.* **1975**, 52, 325.
- [•] C. Vallejo, *El tungsteno*, Cenit, Madrid, **1931**.
- [•] J. Wagensberg, *El principio de mediocridad*, Diario El País, 07/11/2003.
- [•] E. J. Wagner, *The science of Sherlock Holmes: from Baskerville Hall to the Valley of Fear; the real forensics behind the great detective's greatest cases*, John Wiley and Sons, **2006**.

**CONTÁCTENOS A:****Secretaría del Evento:**

fesi@xal.megared.net.mx

1er. Congreso Internacional BIOPMAT**BIOPOLÍMEROS:
FUENTES, TRANSFORMACIÓN, PRODUCCIÓN
Y APLICACIONES INNOVADORAS**

6 y 7 de Marzo del 2008 – Veracruz, México

Tel/fax: Nacional: 01 228 8124470

Internacional: + 52 228 8124470

Correspondencia oficinas FESI:Moctezuma #65, Zona Centro, Xalapa,
Veracruz, México. C.P.91000