

Mitología, cultura y arte en la tabla periódica de los elementos químicos

“La tabla periódica es un hallazgo múltiple, colectivo y, en ocasiones, simultáneo. Ha habido un gran número de científicos que han colaborado a esta magna obra”.

Pascual Román Polo



◀ Sello emitido por Correos de España para homenajear a los científicos que descubrieron los elementos vanadio, wolframio y platino.

científicos españoles al enriquecimiento de la tabla periódica con tres elementos: platino (Pt, Z = 78; 1748, Antonio de Ulloa y de la Torre Giral, Río Chocó, Colombia), wolframio (W, Z = 74; 1783, Juan José y Fausto Delhuyar Lubice, Bergara, España) y vanadio (V, Z = 23; 1801, Andrés Manuel del Río Fernández, Real Seminario de la Minería de México, México) por medio de un sello en el que resaltan sobre una tabla periódica estos tres elementos, representados por tres sellos con sus principales datos y valores. Hay que destacar que el platino y el vanadio fueron descubiertos en las posesiones españolas de ultramar, mientras que el wolframio fue aislado en el *Laboratorium Chemicum* que la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País tenía en la villa de Bergara (Guipúzcoa). En la segunda parte, se presentó el programa de las actividades que iban a desarrollarse en España a lo largo de 2019 la Real Sociedad Española de Química (RSEQ), la Sociedad Europea de

* Este artículo está basado en la conferencia impartida por el autor, en la tarde del día 13 de junio de 2019, durante el Ciclo Encuentros con la Ciencia en el Ámbito Cultural de El Corte Inglés, organizado por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza y otras entidades dentro de las actividades del Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

La Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), celebrada el 20 de diciembre de 2017, declaró 2019 el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos (IYPT2019, en sus siglas inglesas). Este año se conmemora en todo el mundo el sesquicentenario (150 aniversario) de la publicación de la primera versión de la tabla periódica de los elementos químicos por el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834-1907) y el centenario de la fundación de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, (IUPAC, en sus siglas inglesas). Esta organización promueve desde 1919 la cooperación entre los químicos de la industria y la academia de sus países miembros siendo su lema: "Fomentando el papel de la Química en todo el mundo".*

Para conmemorar el IYPT2019, los químicos españoles comenzaron sus actividades con una doble sesión el 9 de enero de 2019 en la Residencia de Estudiantes de Madrid. En la primera parte, se presentó el sello conmemorativo de Correos de España para celebrar esta efeméride en la que se destacó la contribución de los

▶ Tabla periódica más grande del mundo desde febrero de 2019 (600 m²) en la Facultad de Química de la UNAM, México



Imágenes cedidas por el autor.



◀ Tabla periódica más grande del mundo hasta febrero de 2019 (150 m²) en la Facultad de Química de la Universidad de Murcia.

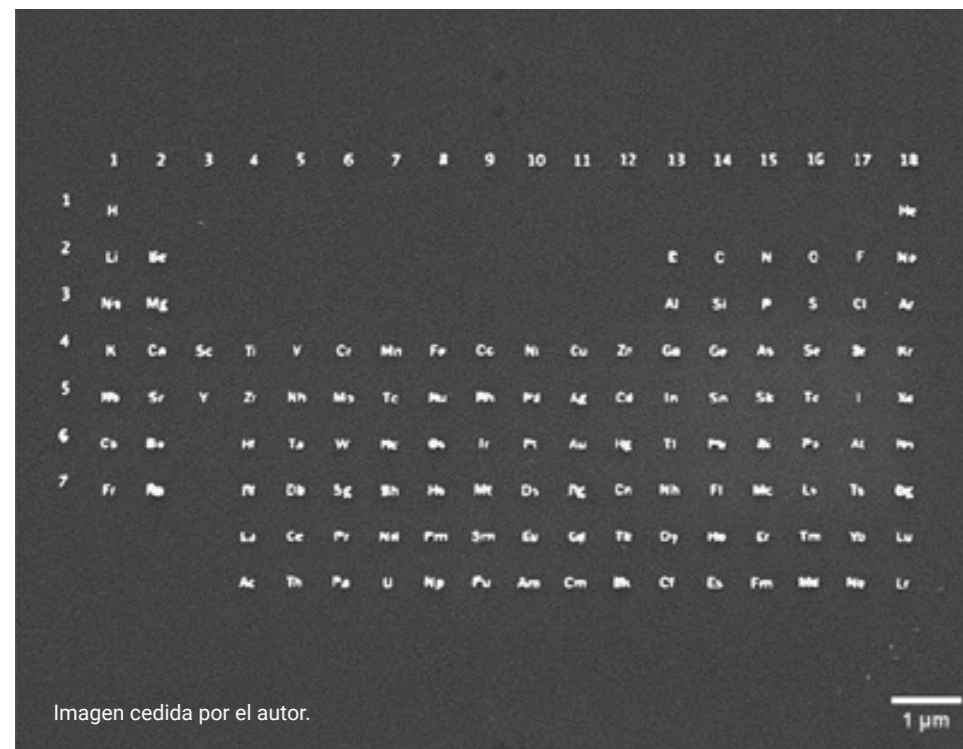
Química (EuChemS, en sus siglas inglesas), el Comité Español de la IUPAC y la Residencia de Estudiantes. La ceremonia oficial de apertura del IYPT2019 tuvo lugar en París en la sede de la UNESCO el día 19 de enero.

Tras esta breve presentación del IYPT2019, se desarrolló la conferencia "Mitología, cultura y arte en la tabla periódica de los elementos químicos". En primer lugar, se abordó la definición de la tabla periódica de los elementos químicos, que según Niels Bohr (1885-1962), premio Nobel de Física de 1922, "es la estrella orientadora para

la exploración en los campos de la Química, la Física, la Mineralogía y la Técnica". Actualmente, la tabla periódica es una organización de los elementos químicos ordenados por su número atómico creciente en columnas (grupos) y filas (períodos) presentados de modo que se resaltan sus propiedades físicas y químicas periódicas. Hasta mediados de febrero de 2019, la tabla periódica más grande del mundo era la que se encuentra en la fachada de la Facultad de Química de la Universidad de Murcia, que ocupa una superficie de 150 m². Desde febrero de este año, el récord lo ostenta la tabla periódica de la fachada de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en México con una extensión de 600 m². Por otro lado, la tabla periódica de los elementos químicos más pequeña del mundo la han desarrollado científicos de la Universidad de Nottingham en el Reino Unido de 14 µm de largo por 7 µm de alto, siendo su superficie inferior a los 100 µm².

En la actualidad, la tabla periódica consta de 118 elementos químicos con la incorporación de los cuatro últimos de números atómicos 113 (nihonio, Nh), 115 (moscovio, Mc), 117 (teneso, Ts) y 118 (oganesón, Og).

“La tabla periódica es un icono de la ciencia y la cultura fácilmente reconocible donde se recoge una gran cantidad de información”.



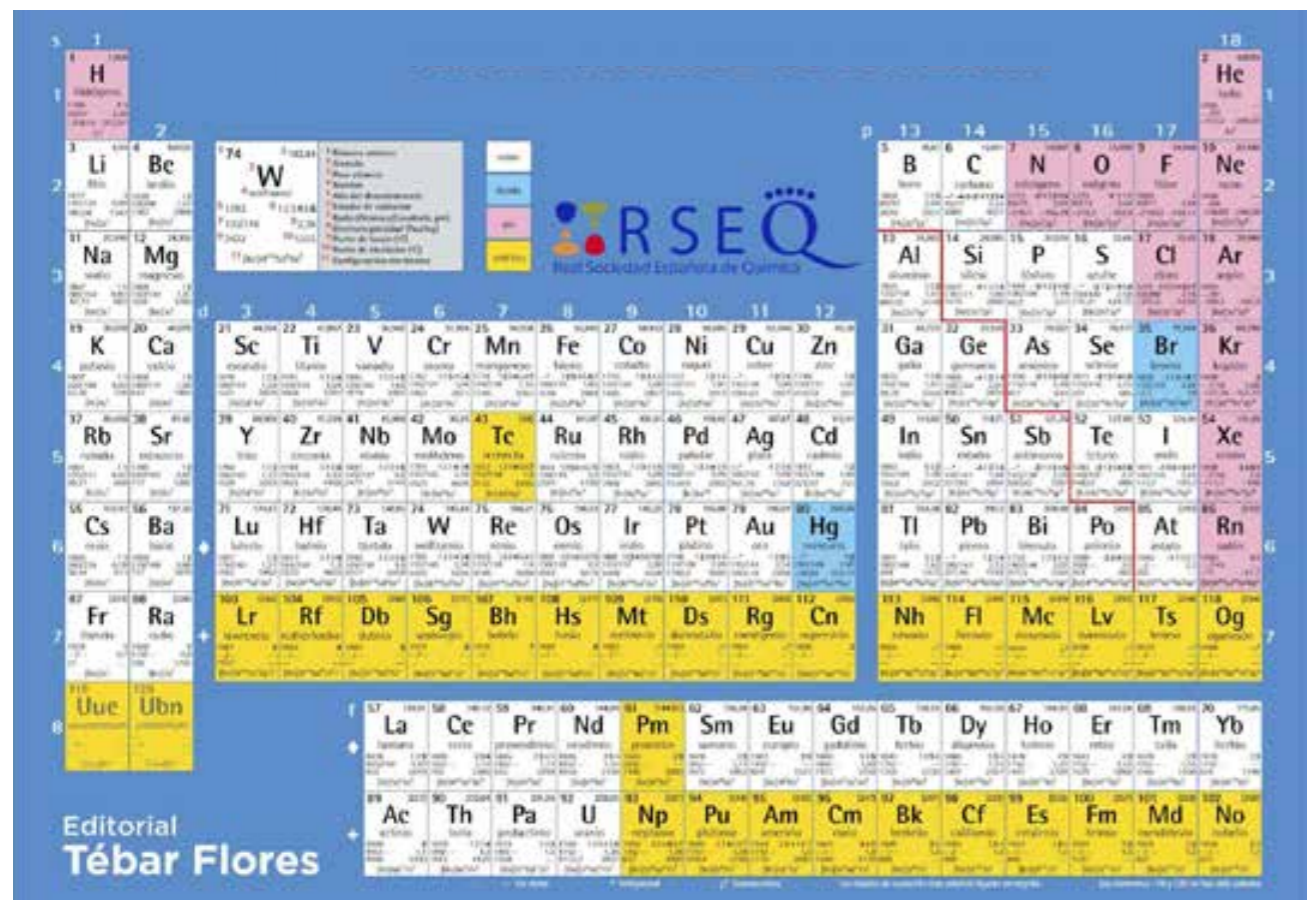
◀ **La tabla periódica más pequeña de mundo (98 µm²) en la Universidad de Nottingham.**

CLASIFICACIÓN DE LOS NOMBRES DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS
Centros de investigación (Bk, 1949; Db, 1967; Ds, 1994)
Científicos ilustres (Gd, 1880; Cm, 1944; Mt, 1982; Rg, 1994; Cn, 1996)
Cuerpos celestes (Ce, 1803; Pu, 1940)
Geográficos (Cu, Antigüedad; Hs, 1984)
Ciudades (Lu, 1907; Hf, 1923; Ds, 1994)
Continentes (Eu, 1901; Am, 1944)
Países (Ru, 1844; Fr, 1939)
Regiones (Cf, 1950; Hs, 1984)
Ríos (Re, 1925)
Minerales, menas o metales (Zr, 1789; Sm, 1879; Rn, 1900)
Mitológicos (Au, Antigüedad; Pm, 1945)
Propiedades físicas o químicas (Sn, Antigüedad; At, 1940)
Color (Cl, 1774; In, 1863)
Densidad (Mo, 1781; Ba, 1808)
Generación de compuestos (H, 1766; N, 1772; O, 1774)
Reactividad (Ar, 1894)
Sistemáticos (IUPAC) (Uut = Nh, 2004; Uuo = Og, 2006)
Superstición (As, 1250?; W, 1783)
Otros (Ne, 1898; Kr, 1898; Xe, 1898)

Los nombres y símbolos de estos cuatro elementos fueron aprobados por la IUPAC el 28 de noviembre de 2016, tras someterlos a la opinión pública durante un periodo de cinco meses. En la figura de la página 44 se muestra la tabla periódica de los elementos químicos, publicada por la RSEQ, donde se recogen los nombres de los elementos en letra minúscula por tratarse de nombres comunes. Se han tenido en cuenta las aportaciones de la RAE (Real Academia Española de la Lengua), la RAC (Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales), la RSEQ y Fundéu BBVA para su unificación. Si se realiza un análisis de los nombres de los elementos químicos, se puede obtener su clasificación en diversos tipos que se muestran en la tabla anexa junto con algunos ejemplos.

La tabla periódica es un icono de la ciencia y la cultura fácilmente reconocible donde se recoge una gran cantidad de información. Así, se puede utilizar para conocer el número de elementos químicos distintos que hay en un teléfono móvil. Esta es una cuestión que tiene diferentes respuestas en función de la fuente consultada. La solución puede ser 29 si tenemos en cuenta la figura publicada por *Compound Interest* 2015 o 31 si

“Una pregunta que suelen hacerse frecuentemente las personas es ¿cuántos elementos químicos tenemos en el cuerpo humano y en qué cantidad?”.



La tabla periódica de los elementos químicos publicada por la RSEQ en 2017.

Una pregunta que suelen hacerse frecuentemente las personas es ¿cuántos elementos químicos tenemos en el cuerpo humano y en qué cantidad? Para responder con precisión a esta cuestión es conveniente dirigirse a las fuentes bibliográficas más fiables. Ed Uthman recopiló estos datos de la obra de John Emsley, *The Elements*, publicada por Oxford University Press en 1998 (ver tabla pág. 46). Los doce elementos más abundantes en el cuerpo humano son: oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, azufre, sodio, cloro, magnesio y hierro. Los cinco elementos menos abundantes son: torio, uranio, samario, berilio y wolframio. El total de elementos químicos presentes en el cuerpo humano son cincuenta y nueve, es decir, la mitad de los actualmente conocidos. Estos elementos forman los compuestos esenciales para la vida: agua (62%), proteínas (16%), grasas (16%), minerales (6%) e hidratos de carbono (1%).

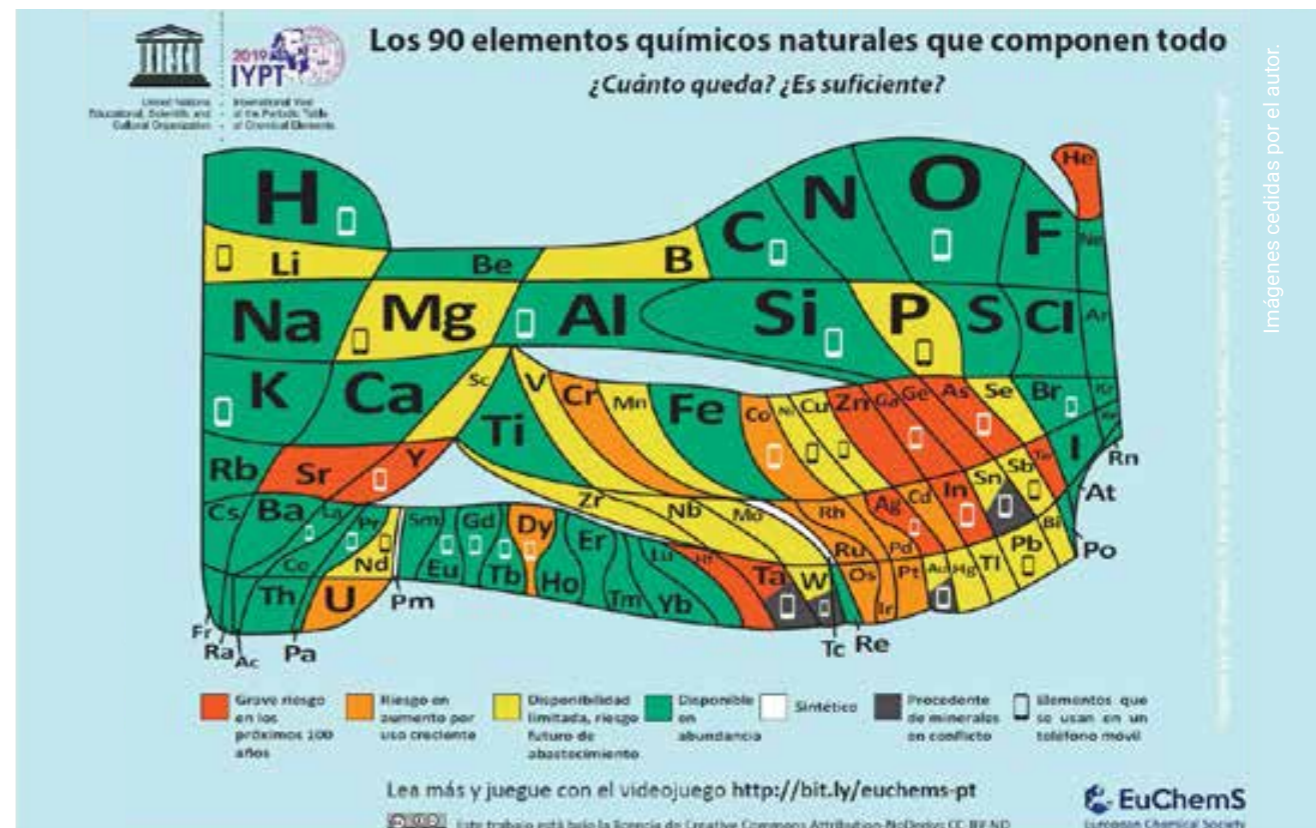
El oxígeno es el elemento más abundante en la corteza terrestre y en el cuerpo humano. Los 43 kilogramos de oxígeno del cuerpo se encuentran principalmente

consideramos la tabla periódica de EuChemS. En ambas figuras, los colores y las leyendas que los acompañan, tienen gran importancia porque informan de la tasa de reciclado de los elementos químicos o de su disponibilidad, escasez y riesgos de reserva por su uso actual y en los años venideros. En la tabla periódica de EuChemS aparece el símbolo de un teléfono móvil en los elementos químicos que lo componen, lo que facilita su conteo.

RECYCLING RATES OF SMARTPHONE METALS



© COMPOUND INTEREST 2015 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
This graphic is shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives license.



Los 29 elementos químicos distintos que se usan en un teléfono móvil y sus tasas de reciclado (arriba) y tabla periódica de la disponibilidad de los elementos químicos naturales de EuChemS y los 31 elementos que se emplean en un teléfono móvil (abajo).

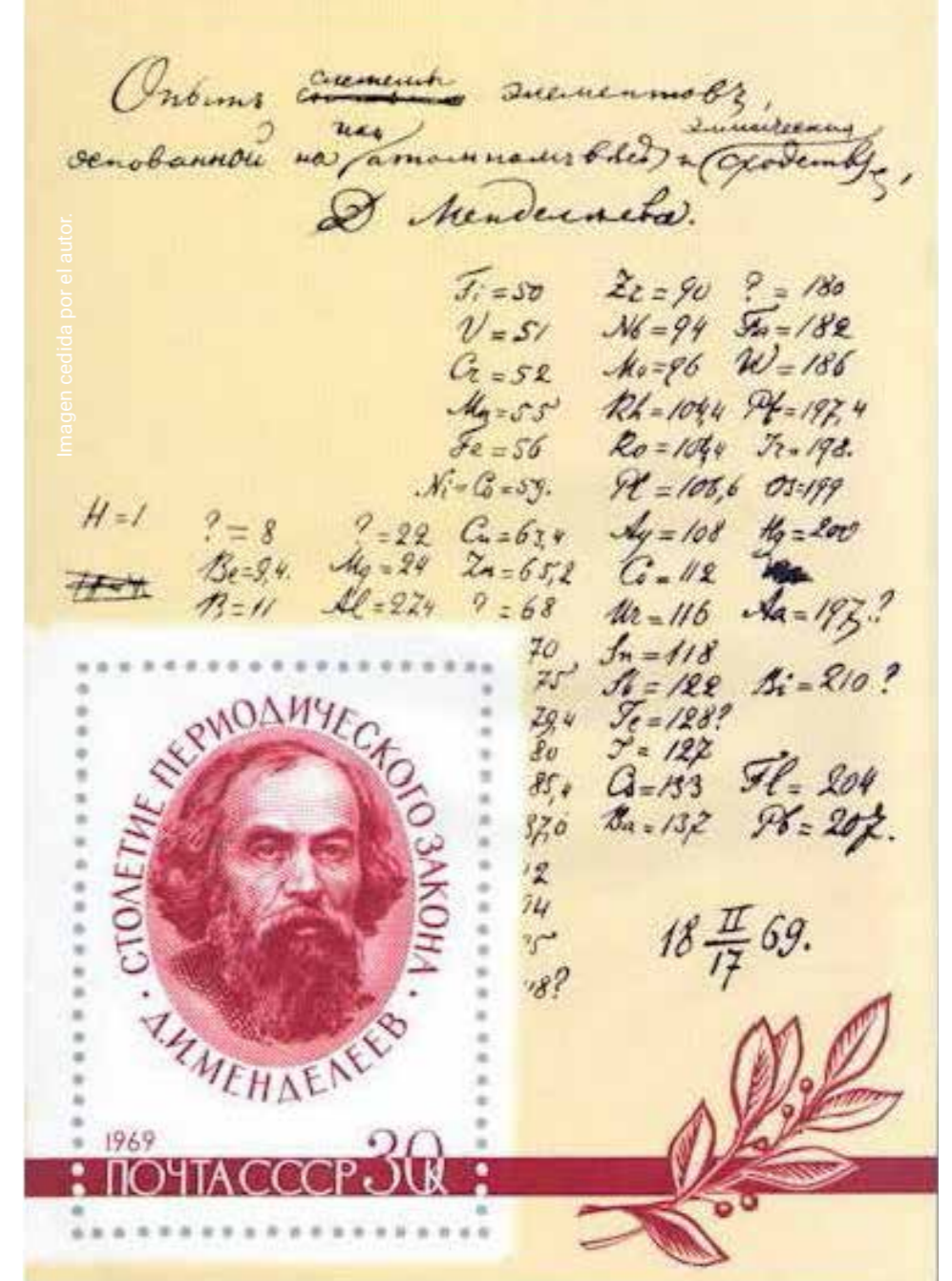
ELEMENTO	MASA DEL ELEMENTO EN UNA PERSONA DE 70 KG	MASA DEL ELEMENTO EN UNA PERSONA DE 70 KG (%)	ELEMENTO	MASA DEL ELEMENTO EN UNA PERSONA DE 70 KG	MASA DEL ELEMENTO EN UNA PERSONA DE 70 KG (%)
oxígeno	43 kg	61,43	chromo	14 mg	0,00002
carbono	16 kg	22,86	manganeso	12 mg	0,00002
hidrógeno	7 kg	10,00	arsénico	7 mg	0,00001
nitrógeno	1,8 kg	2,57	litio	7 mg	0,00001
calcio	1,0 kg	1,43	cesio	6 mg	0,000009
fósforo	780 g	1,11	mercurio	6 mg	0,000009
potasio	140 g	0,20	germanio	5 mg	0,000007
azufre	140 g	0,20	molibdeno	5 mg	0,000007
sodio	100 g	0,14	cobalto	3 mg	0,000004
cloro	95 g	0,14	antimonio	2 mg	0,000003
magnesio	19 g	0,03	plata	2 mg	0,000003
hierro	4,2 g	0,006	niobio	1,5 mg	0,000002
flúor	2,6 g	0,004	circonio	1 mg	0,000001
zinc	2,3 g	0,003	lantano	0,8 mg	0,000001
silicio	1,0 g	0,001	gallium	0,7 mg	0,000001
rubidio	0,68 g	0,001	telurio	0,7 mg	0,000001
estroncio	0,32 g	0,0005	itrio	0,6 mg	
bromo	0,26 g	0,0004	bismuto	0,5 mg	
plomo	0,12 g	0,0002	talio	0,5 mg	
cobre	72 mg	0,0001	indio	0,4 mg	
aluminio	60 mg	0,00009	oro	0,2 mg	
cadmio	50 mg	0,00007	escandio	0,2 mg	
cerio	40 mg	0,00006	tántalo	0,2 mg	
bario	22 mg	0,00003	vanadio	0,1 mg	
yodo	20 mg	0,00003	torio	0,1 mg	
estaño	20 mg	0,00003	uranio	0,1 mg	
titanio	20 mg	0,00003	samario	50 µg	
boro	18 mg	0,00003	berilio	36 µg	
níquel	15 mg	0,00002	wolframio	20 µg	
selenio	15 mg	0,00002			

“El último de los elementos del cuerpo humano que se aisló fue el flúor, por Henri Moissan (1852-1907) en 1886”.

Los 59 elementos químicos que entran en la composición del cuerpo humano.

Fuente: Ed Uthman

Hoja bloque emitida por la URSS en 1969 para conmemorar el centenario de la publicación de la primera versión de la tabla periódica de Mendeléiev.



como un componente del agua, que constituye el 70% del peso corporal total, aunque varía con la edad. El oxígeno también es un componente integral de todas las proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN), carbohidratos y grasas. El vanadio es el elemento menos abundante del cuerpo (0,11 mg) que tiene un papel biológico conocido, seguido del cobalto (3 mg), este último es un componente de la vitamina B₁₂. El último de los elementos del cuerpo humano que se aisló fue el flúor, por Henri Moissan (1852-1907) en 1886.

¿En qué día, mes y año publicó Mendeléiev la primera versión de la tabla periódica moderna? Esta cuestión

se puede contestar si se tiene en cuenta la hoja bloque que publicó la extinta URSS (Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas) en 1969 con ocasión del centenario de su primera aparición. En la figura, se observa el retrato de Mendeléiev en la esquina inferior izquierda y el texto manuscrito de la primera versión de su tabla periódica en el resto de la hoja bloque. En ella se muestra la fecha del 17 de febrero de 1869 según el calendario juliano, que se corresponde con el 1 de marzo de 1869 del calendario gregoriano.

La evolución del descubrimiento de los elementos químicos con el tiempo se puede representar de distintas

PERIODO	N ^a ELEMENTOS	ΣEQ	ELEMENTO (AÑO)
< 1750	16	16	C^a, S^a, Cu^b, Au^c, Sn^d, Fe^d, Ag^d, Pb^d, Hg^e , As (1250?), Bi (1450?), Sb (1492?), P(1669), Co(1735), Zn (1746), Pt (1748)
1751–1775	6	22	Ni (1751), H (1766), N (1772), Cl (1774), Mn (1774), O (1774)
1776–1800	8	30	Mo (1781), Te (1782), W (1783), U (1789), Zr (1789), Ti (1791), Cr (1797), Be (1798)
1801–1825	20	50	Nb (1801), V (1801), Ta (1802), Ce (1803), Ir (1803), Os (1803), Pd (1803), Rh (1803), K (1807), Na (1807), Ba (1808), B (1808), Ca (1808), Mg (1808), Sr (1808), I (1811), Cd (1817), Li (1817), Se (1817), Si (1824)
1826–1850	8	58	Br (1826), Al (1827), Th (1828), La (1839), Er (1842), Y (1843), Tb (1843), Ru (1844)
1851–1875	6	64	Cs (1860), Rb (1861), Tl (1861), In (1863), He (1868), Ga (1875)
1876–1900	19	83	Sc (1876), Ho (1878), Yb (1878), Sm (1879), Tm (1879), Gd (1880), Nd (1885), Pr (1885), Dy (1886), F (1886), Ge (1886), Ar (1894), Kr (1898), Ne (1898), Po (1898), Ra (1898), Xe (1898), Ac (1899), Rn (1900)
1901–1925	5	88	Eu (1901), Lu (1907), Pa (1913), Hf (1923), Re (1925)
1926–1950	10	98	Tc (1937), Fr (1939), At (1940), Np (1940), Pu (1940), Pm (1941), Am (1944), Cm (1944), Bk (1949), Cf (1950)
1951–1975	8	106	Es (1952), Fm (1952), Md (1955), No (1958), Lr (1961), Rf (1964), Db (1967), Sg (1974)
2001–2010	8	114	Bh (1981), Mt (1982), Hs (1984), Ds (1994), Rg(1994), Cn (1996), Fl (1999), Lv (2000)
2001–2010	4	118	Nh (2004), Og (2006), Mc (2010), Ts (2010)
TOTAL		118	

^a Prehistoria. ^b 9000 a C. ^c 5000 a C. ^d 3000 a C. ^e 2000 a C



evolución del descubrimiento de los elementos químicos con el tiempo.

maneras. En la tabla (arriba) se muestra el descubrimiento de los elementos químicos por periodos de veinticinco años. Antes del año 1750, se conocían 16 elementos (este número varía con los diferentes autores). En este grupo se hallan los nueve elementos

químicos más antiguos, que se resaltan en letra negra. Entre ellos se encuentran los siete metales de la antigüedad: oro, cobre, estaño, hierro, plata, plomo y mercurio, cuyos autores son desconocidos. Detrás del símbolo de cada elemento aparece el año de su descubrimiento. Desde 1751 se observan algunos periodos muy productivos como 1801-1825 y 1876-1900 donde se descubrieron 20 y 19 elementos, respectivamente, hasta llegar a los 118 que se conocen en la actualidad.

La evolución de la tabla periódica está ligada al descubrimiento de los elementos químicos y a la aparición de nuevos conceptos, leyes y teorías, a la utilización de nuevas técnicas, al uso de la nomenclatura y la formulación, y a los congresos que resolvieron cuestiones

“Las divinidades estaban relacionadas con los siete metales de la Antigüedad”.

Divinidades griegas y romanas, los siete metales de la Antigüedad, símbolos y significado.



fundamentales para su desarrollo como el Congreso de Karlsruhe celebrado del 3 al 5 de septiembre de 1860, donde el químico italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910) estableció con total claridad el concepto de peso atómico. Esta idea fue la clave para que tres jóvenes y entusiastas químicos: el inglés William Odling (1829-1921), el alemán Julius Lothar Meyer (1830-1895) y el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev, que tenían, 31, 30 y 26 años, respectivamente, presentes en el Congreso, dieran un gran impulso a la tabla periódica empleando los pesos atómicos propuestos por Cannizzaro.

En la tabla (abajo) se muestran las divinidades de las mitologías griega y romana, los siete metales de la antigüedad, los símbolos de los alquimistas y los ac-

DIVINIDAD		SÍMBOLO	METAL	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
GRIEGA	ROMANA	ALQUIMISTAS		IUPAC	TODOS PROCEDEN DEL LATÍN
Febo	Helios		oro	Au	<i>Aurum</i> : oro. Aurora era la diosa del alba. Hari (sanskrito) = amarillo.
Artemisa	Diana		plata	Ag	<i>Argentum</i> : plata. Argunas (sanskrito) = brillar.
Ares	Marte		hierro	Fe	<i>Ferrum</i> : hierro. Metal sagrado.
Hermes	Mercurio		mercurio	Hg	<i>Hydrargyrum</i> : hydor-argyros (griego) = agua-plateada. Plata líquida. Mercurio. Hidrargirio. Azogue.
Zeus	Júpiter		estaño	Sn	<i>Stannum</i> : Stagnum y stag (indo-europeo) = gotear.
Afrodita	Venus		cobre	Cu	<i>Cuprum</i> : Nombre romano de Chipre. El mineral aes cyprium (metal de Chipre) fue encontrado en Chipre. La isla de Chipre estaba consagrada a Venus.
Crono	Saturno		plomo	Pb	<i>Plumbum</i> : Los romanos llamaban al plomo, plumbum nigrum, para distinguirlo del estaño, plumbum candidum.

tuales de la IUPAC y su significado. Las divinidades estaban relacionadas con los siete metales de la Antigüedad. Además, en la tabla se indican los nombres en latín de los elementos de los que derivan sus símbolos actuales. Estos nombres y sus símbolos fueron propuestos en 1813-1814 por el químico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779-1848).

En la tabla (abajo) se muestran las divinidades de las mitologías griega y romana, los símbolos de los alquimistas, los siete metales de la Antigüedad, los astros y los días de la semana en español e inglés. Cada día de la semana estaba relacionado con una divinidad y esta con un metal y un astro. En español existen dos días, domingo y sábado, que no se corresponden con

Divinidades griegas y romanas, los siete metales de la antigüedad, símbolos de los alquimistas, astros y días de la semana.

DIVINIDAD		SÍMBOLO	METAL	ASTRO	DÍAS DE LA SEMANA	
GRIEGA	ROMANA	ALQUIMISTAS		IUPAC	ESPAÑOL	INGLÉS
Febo	Helios	☉	oro	Sol	domingo	Sunday
Artemisa	Diana	☾	plata	Luna	lunes	Monday
Ares	Marte	♂	hierro	Marte	martes	Tuesday
Hermes	Mercurio	☿	mercurio	Mercurio	miércoles	Wednesday
Zeus	Júpiter	♃	estaño	Júpiter	jueves	Thursday
Afrodita	Venus	♀	cobre	Venus	viernes	Friday
Crono	Saturno	♄	plomo	Saturno	sábado	Saturday

las deidades griegas o romanas y los astros, debido a nuestra cultura judeocristiana. El domingo procede del latín *dominicus dies*, el día del Señor, y el sábado tiene su origen en el *šabbāt*, el día sagrado de los hebreos, que significa descanso. Los demás días del lunes al viernes tienen su correspondencia en los dos idiomas. El símbolo de los alquimistas ♂ simboliza al macho, la virilidad, la fuerza, la guerra, y al dios Marte (Ares, en la mitología griega). Suele representarse por un joven guerrero de la Grecia clásica (ca 500 años a C) con sus atributos de un escudo y una lanza que asoma ladeada por encima del escudo con los que se caracteriza su fuerza y virilidad. El elemento químico que lo personifica es el hierro, el metal más duro y resistente de aquella época. El símbolo ♀ representa

a la hembra, la femineidad, la delicadeza, la belleza, el amor y a la diosa Venus (Afrodita, en la mitología griega). Viene encarnada por una joven y hermosa doncella de la época de la Grecia clásica y sus atributos son un espejo y su asa donde se ve reflejada su belleza. El elemento químico que la representa es el cobre. Los grandes artistas de todos los tiempos han immortalizado el 'romance' de Marte y Venus a través de sus obras. Además de estos dos dioses también aparecen en ellas el dios Vulcano (Hefesto, en la mitología griega) y otros dioses mitológicos.

En las figuras se muestra a la diosa Venus en sendos cuadros de Botticelli y Velázquez, y al dios Marte en un fresco de Pompeya y en un cuadro de Velázquez.



Imágenes cedidas por el autor.



▲
El nacimiento de Venus de Sandro Botticelli (S. XV) y la Venus del espejo de Diego Velázquez (S. XVII).

◀
Fresco de una estatua de Marte en la Casa de Venus y Marte (S. I d.C.) y Marte de Diego Velázquez (S. XVII).



▲
Fresco de Venus y Marte en la Casa de Venus y Marte (siglo I d. C).



▲
Ares y Afrodita de Sandro Botticelli (h. 1485) y La fragua de Vulcano de Diego Velázquez (1630).

También se exponen los dos dioses en actitud cariñosa (fresco de Pompeya) y en la última figura después de haber hecho el amor en un cuadro de Botticelli.

La fragua de Vulcano de Velázquez representa al dios Apolo en su visita a la fragua del dios Vulcano, que se halla trabajando las armas de Júpiter con sus ayudantes. Aparece un sexto personaje, que está cerca de la puerta apoyado en la fragua. Se dice que es el propio Velázquez que no quiere perderse la gran noticia. En la escena el dios Apolo está comunicando al dios Vulcano que su esposa, la diosa Venus, le está siendo infiel con el dios Marte. Todos los personajes quedan paralizados por la noticia, que es el momento que capta el artista. Este tipo de episodios burlescos



“Este tipo de episodios burlescos eran típicos de los pintores españoles del Siglo de Oro”.

eran típicos de los pintores españoles del Siglo de Oro. Vulcano, el dios herrero, era un gran artista trabajando los metales.

En la figura (abajo) se muestra a los dioses Venus, Marte y Vulcano en una obra burlesca del marido engañado, en ella *Tintoretto* trata de descubrir a los amantes. Para ello ha tejido una finísima malla de oro que ha dispuesto sobre el lecho con el fin de atraparlos. Se ve a Vulcano descubriendo a su esposa Venus mostrándola casi desnuda y buscando a su amante, Marte, que aparece oculto bajo un mueble del que asoma su cabeza con su yelmo. En una cuna, detrás, el dios Cupido parece dormido. Este era el hijo de la relación amorosa de Marte y Venus.



Venus, Vulcano y Marte de Jacopo Comin (a) Tintoretto (h. 1555).

REFERENCIAS

- William H. Brock, *Historia de la química*, Alianza Editorial, Madrid (1998).
- Compound Interest 2015, *Recycling Rates of Smartphone Metals*, bit.ly/2pDCAUj, visitada el 26/6/2019.
- Elements Scarcity - EuChemS Periodic Table, bit.ly/2Dpwa55, visitada el 26/6/2019.
- José Elguero Bertolini, Pilar Goya Laza y Pascual Román Polo, *La tabla periódica de los elementos químicos*, CSIC, Madrid (2019).
- John Emsley, *The elements*, 3rd edition, Oxford University Press, London (1998).
- Pilar Goya Laza, *La tabla periódica de EuChemS, An. Quím.*, (2019), 115 (2), 60-61, bit.ly/2ZMwjpp, visitada el 26/6/2019.
- Anne M. Helmenstine, *The Human Body. Elemental Composition*, bit.ly/2wINpHW, visitada el 26/6/2019.
- Charles Janet, *Essais de classification hélicoïdale des éléments chimiques*, Imprimerie Départementale de l'Oise, Beauvais (1928).
- Edward G. Mazurs, *Types of Graphic Representation of the Periodic System of Chemical Elements*, The Author, LaGrange, Illinois (1957).
- Edward G. Mazurs, *Graphic Representations of the Periodic System during One Hundred Years*, The University of Alabama Press, Tuscaloosa, Alabama (1974).
- Henry G. J. Moseley, *The High Frequency Spectra of the Elements*, Phil. Mag. (1913), 26, 1024-1034.
- Henry G. J. Moseley, *The High Frequency Spectra of the Elements. Part II*, Phil. Mag. (1914), 27, 703- 713.



Imágenes cedidas por el autor.

Composición de Mondrian (izquierda), logotipo de Webelements (centro) y sello de correos emitido por Correos de España en 2007 para honrar a Mendeléiev (derecha).

dieciséis predicciones, acertó en ocho de ellas y falló en otras tantas. El sello emitido por Correos de España en 2007 ha tenido una gran repercusión mundial habiendo aparecido publicado en revistas filatélicas especializadas como *Philatelia Chimica et Physica* (verano de 2007), libros de texto, revistas científicas y ha servido de modelo para las tablas periódicas confeccionadas con sellos de correos, como la recientemente publicada por Larry G. French y editada por Daniel Rabinovich.

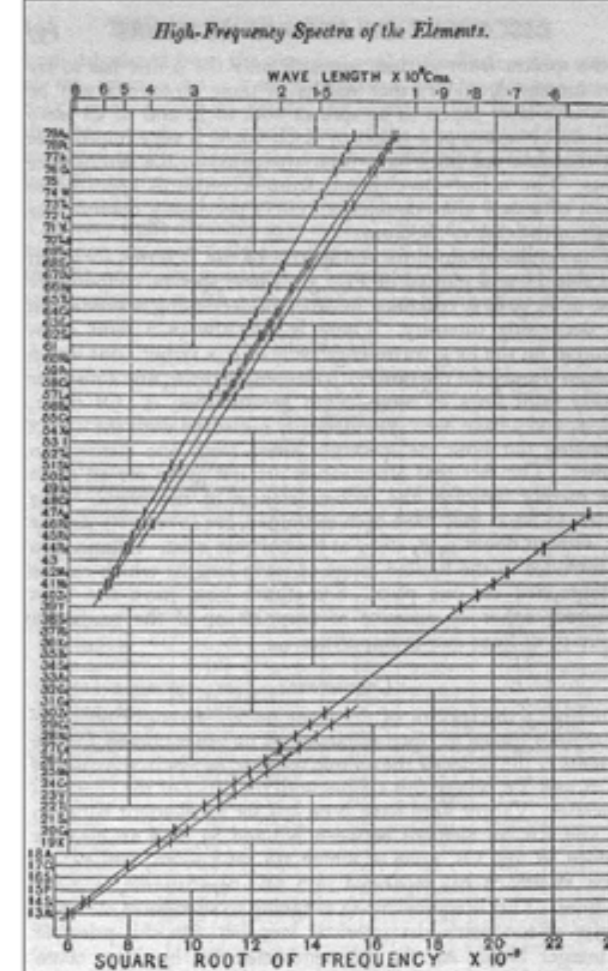
La tabla periódica es un hallazgo múltiple, colectivo y, en ocasiones, simultáneo. Ha habido un gran número de científicos que han colaborado a esta magna obra. Hoy en día se conocen más de un millar de formatos de la tabla periódica, siendo la media larga la más utilizada. De entre todos los científicos que han contribuido a ordenar los elementos químicos en listas, tablas, sistemas, formas mono-, bi- y tridimensionales destacan con luz propia el químico ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev y el joven físico británico Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915). El primero estableció su ley periódica basada en el peso atómico de los elementos químicos y creyó que había conseguido una ley universal. Esta ley conoció grandes éxitos iniciales por su carácter predictivo de nuevos elementos químicos que no habían sido descubiertos. A finales de siglo XIX se le acumularon los problemas, que no pudo resolver, como la aparición de nuevos elementos que no se podían encajar en la tabla periódica, el descubrimiento del electrón, los rayos X, la radiactividad artificial y la irrupción de nuevas teorías que cuestionaban la universalidad de la ley periódica. El segundo, Moseley, ordenó los elementos químicos en función de su número atómico gracias a la ley que lleva su nombre (o de los números atómicos),

en la que relacionaba la raíz cuadrada de la frecuencia de las líneas espectrales de rayos X de los elementos químicos con el número atómico $\nu = A(N - b)^2$, donde ν es la frecuencia de las líneas espectrales de los rayos X, N es el número atómico (actualmente se representa por Z y es igual al número de protones del núcleo), y A y b son dos constantes de las líneas espectrales. Aunque su estudio, que publicó en 1914, abarcó los elementos metálicos del aluminio al oro, su ley permite predecir la existencia de nuevos elementos con gran exactitud, por los huecos que se generan en su gráfica en la que representa los elementos químicos por su número atómico frente a la raíz cuadrada de la frecuencia de sus líneas espectrales de rayos X. Desgraciadamente, Moseley murió en 1915, a la edad de veintisiete años, en la batalla de Galípoli de la Primera Guerra Mundial. Tras su muerte, otros científicos emplearon su ley para la búsqueda de los nuevos elementos que había predicho y se hallaban comprendidos entre el aluminio (Z = 13) y el uranio (Z = 92). Así, entre 1914 y 1945, se encontraron los elementos químicos de números atómicos 43, 61, 72, 75, 85, 87 y 91. La ley de Moseley ha resistido el paso del tiempo, sin que haya que recurrir a modificación alguna como la inversión del orden de ciertos valores del número atómico, como ocurre cuando se ordenan los elementos químicos por el peso atómico.

Hace unos años compuse la letra de una jota aragonesa en forma de cuarteta para resaltar la contribución del ruso Mendeléiev al desarrollo de la tabla periódica. Más tarde, me percaté de que el inglés Moseley había sido quien resolvió con sus experimentos de difracción de rayos X los problemas que Mendeléiev con su ley periódica no fue capaz de lograr, por lo que tuve que añadir dos versos más a la cuarteta para formar una sexteta o estrofa de seis versos. Esta queda así:

La tabla periódica es un icono de la ciencia que la ideó el genial ruso Dimitri Mendeléiev, pero quien le dio sentido fue el inglés Moseley

Pascual Román Polo
Dpto. de Química Inorgánica
Universidad del País Vasco
UPV/EHU



Gráfica de Moseley (1914) donde representa la ley que lleva su nombre.

- Pascual Román, *Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra*, conCiencias.digital (2019), 23, 18-35, bit.ly/2KC7sBi, visitada el 26/6/2019.
- Pascual Román Polo, *Mendeléiev: El profeta del orden químico*, 2ª edición, Nivola Libros y Ediciones, S. L., Tres Cantos (Madrid), (2008).
- Eric R. Scerri, *The periodic table. Its story and its significance*, Oxford University Press, New York (2006).
- Eric R. Scerri, *Selected papers on the periodic table*, Imperial College Press, London (2009).
- Eric R. Scerri, *The periodic table. A very short introduction*, Oxford University Press, New York (2011).
- Eric R. Scerri, *La tabla periódica. Una breve introducción*, Alianza Editorial, S. A., Madrid (2013).
- Eric R. Scerri, *A tale of 7 elements*, Oxford University Press, New York (2013).
- Ed Uthman, *Elemental Composition of the Human Body*, bit.ly/2MRUub, visitada el 26/6/2019.
- Johannes W. van Spronsen, *The periodic system of chemical elements. A history of the first hundred years*, Elsevier, Amsterdam (1969).
- Mark Winter, *The periodic table on the WWW*, The University of Sheffield, (2019), www.webelements.com, visitada el 26/6/2019.