

Historia de la tabla periódica de los elementos químicos

History of the periodic table of the elements

José María Teijón Rivera

Académico de Número de la Sección de Ciencias Experimentales

jmt@med.ucm.es

RESUMEN

En esta revisión se indican brevemente las aportaciones más importantes de algunos científicos a la tabla periódica, desde la segunda mitad del siglo XVIII y el siglo XIX, periodo en el que se descubrieron la mayor parte de los elementos químicos. A mediados del siglo XIX el número de elementos químicos era tal que los científicos se encontraron con la necesidad de ordenar los elementos de alguna manera para así facilitar su estudio y comprender mejor las propiedades, es decir, debe existir una ley natural que relacione los distintos elementos y los ordene en función de sus propiedades. La primera forma de clasificación fue hacerlo tomando como criterio los pesos atómicos (actualmente masa atómica) de los elementos, pero ésta no reflejaba claramente las diferencias y similitudes entre éstos. Fue Mendeleiev a quien se debe la primera formulación de la ley periódica. Tuvo la genialidad de dejar huecos libres en su tabla periódica, que debían corresponder a elementos que todavía no se habían descubierto, para los que propuso sus pesos atómicos y sus propiedades, basadas en las de los elementos vecinos. Henry Moseley, en 1912, demuestra que la tabla periódica debe ordenarse por el número atómico. La ley de Mendeleiev condujo a la tabla periódica actual, se utilizó el número atómico como número ordenador de los elementos, y se estructuró en dieciocho grupos o columnas y siete periodos o filas. Finalizamos indicando la contribución de algunos científicos españoles, así como de algunas científicas a la tabla periódica.

PALABRAS CLAVE: Tabla periódica, elementos químicos, historia, Mendeleiev, Moseley.

ABSTRACT

This review briefly indicates the most important contributions of some scientists to the periodic table, from the second half of the 18th century and the 19th century, a period in which most of the chemical elements were discovered. In the mid-nineteenth century the number of chemical elements was such that scientists found themselves in need of ordering the elements in some way in order to facilitate their study and better understand the properties, that means, there must be a natural law that relates the different items and sort them based on their properties. The first form of classification was to do so taking as criteria the atomic weights (currently atomic mass) of the elements, but this did not clearly reflect the differences and similarities among them. Mendeleev was the scientific who proposed the first formulation of the periodic law. He had the genius of leaving free gaps in his periodic table, which should correspond to elements that had not yet been discovered, for which he proposed their atomic weights and their properties, based on those of the neighboring elements. Henry Moseley, in 1912, shows that the periodic table must be sorted by atomic number. Mendeleev's law led to the current periodic table, the atomic number was used to arrange the elements, and it was structured in eighteen groups or columns and seven period sorrows. We conclude by indicating the contribution of some Spanish scientists, as well as some women scientists to the periodic table

KEYWORDS: Periodic table, chemical elements, history, Mendeleev, Moseley.

1. INTRODUCCIÓN

La Asamblea General de las Naciones Unidas decidió proclamar este año 2019 como “el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos” (IYPT2019).

La Sección de Ciencias Experimentales ha querido conmemorar que hace 150 años un científico genial, Dimitri Mendeléiev, propuso por primera vez lo que se ha venido a denominar “Tabla Periódica de los Elementos Químicos” o “Sistema Periódico”.

La Tabla Periódica es una obra colectiva, en continuo crecimiento y, sobre todo, una herramienta fundamental, permite explicar, conocer y anticipar las propiedades de la materia. Su historia es la historia de la química.

La figura de Mendeléiev y de otros grandes científicos nos permite indicar como la enseñanza fue motor de las clasificaciones que surgieron en la segunda mitad del siglo XIX. La Tabla Periódica de Mendeléiev ha tenido tal impacto científico y cultural que se pensó que se trataba de una obra prácticamente acabada. Tras 150 años podemos celebrar sus numerosos éxitos incorporando algunos elementos, la mayoría obtenidos sintéticamente.

2. CRONOLOGÍA DE LAS DIFERENTES CLASIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

2.1. Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794)



Químico francés a quien se considera el autor del primer texto de química moderno, “Método de nomenclatura química” (1787), por la nomenclatura que desarrolla para los compuestos y los elementos, con lo que se consiguió prescindir de la terminología alquímica que se utilizaba.

Lavoisier, al final del siglo XVIII, en su libro “Tabla de los compuestos elementales” (1789) clasificó los treinta y tres elementos conocidos en su tiempo, en no metales, formadores de ácidos, y en metales, formadores de sales. La obra de Lavoisier supuso una revolución para la química ya que permitió desarrollar el conocimiento de las leyes de las combinaciones químicas.

2.2. Jacob Berzelius (1779-1848)



Químico sueco que implantó el sistema de símbolos químicos que existe en la actualidad, y mantuvo la clasificación de Lavoisier basándose en el aspecto y en las propiedades físicas de los elementos. Descubrió algunos elementos como cerio, selenio y torio, y consiguió aislar silicio, circonio y titanio.

2.3. Joham W. Döbereiner (1780-1849)



Químico alemán, en 1829 observó que ciertas agrupaciones de tres elementos presentaban propiedades muy parecidas, y les denominó **triadas**. En tales triadas el peso atómico del elemento central era aproximadamente la media aritmética del peso atómico de los elementos extremos.

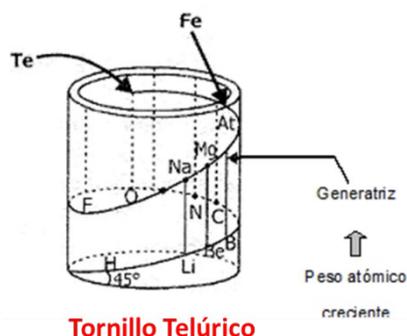
A mediados del siglo XIX se habían descubierto hasta veinte triadas, aunque seguían viéndose como curiosas coincidencias sin interés práctico. Sin embargo, este descubrimiento representa el primer paso hacia una clasificación consistente de los elementos químicos.

Elemento	Peso atómico	Elemento	Peso atómico	Elemento	Peso atómico
Lítio	7	Cloro	35,45	Azufre	32,06
Sodio	23	Bromo	81,17	Selenio	79,98
Potasio	39	Yodo	126,90	Teluro	127,90

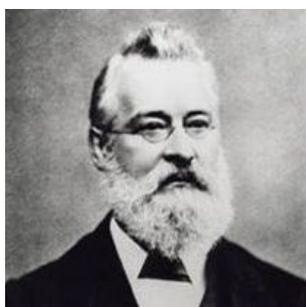
2.4. Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois (1820 –1886)



Geólogo francés. En 1862 propuso una clasificación de los elementos químicos colocándolos sobre la superficie de un cilindro (**tornillo telúrico**). Los elementos se disponían sobre una línea diagonal formando un ángulo de 45 ° con la horizontal, dibujando una espiral y estaban ordenados según su peso atómico creciente (expresados en números enteros), de manera que los que tenían propiedades parecidas se situaban en una misma línea vertical, denominada generatriz del cilindro. Fue el primer investigador en darse cuenta que las propiedades de los elementos eran función de su peso atómico.



2.5. John Alexander Reina Newlands (1837-1898)



Químico británico. Precursor en la elaboración del sistema periódico de los elementos, estableció la ley de recurrencia en 1864, que condujo a establecer la llamada **ley de las octavas**: "Ordenando los elementos en orden creciente con respecto a su peso atómico, el octavo elemento tiene propiedades muy parecidas al primero; el noveno al segundo; etc., igual que ocurre con las notas de la escala musical." Esta ley no pudo aplicarse a elementos de peso atómico superior al del calcio.

En su momento, su idea fue incomprendida por la comunidad científica, que le llegó a decir irónicamente que por qué no ordenaba los elementos alfabéticamente.

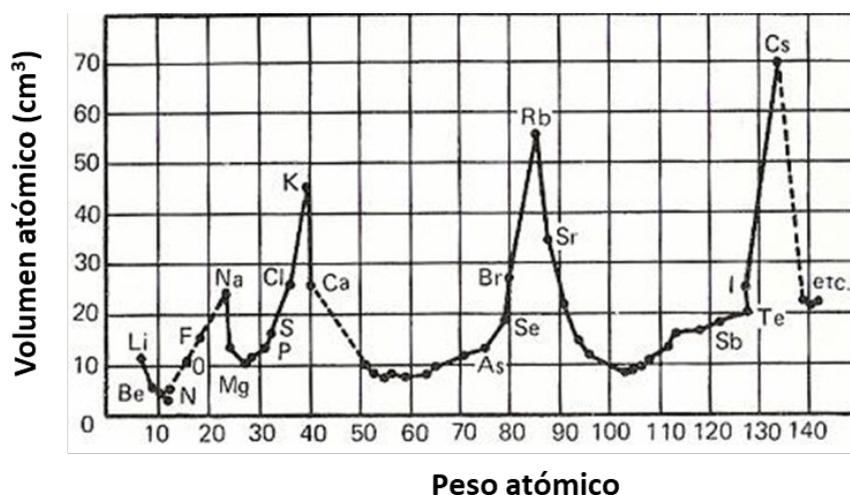
Ley de las octavas de Newlands						
1	2	3	4	5	6	7
Li 6,9	Be 9,0	B 10,8	C 12,0	N 14,0	O 16,0	F 19,0
Na 23,0	Mg 24,3	Al 27,0	Si 28,1	P 31,0	S 32,1	Cl 35,5
K 39,0	Ca 40,0					

2.6. Julius Lothar Meyer (1830 – 1895)



Químico y médico alemán. Puso de relevancia que existía una cierta periodicidad en el volumen atómico.

En septiembre de 1860 participó en el I Congreso Internacional de Química, organizado por Kekulé, Weltzien y Wurtz, en la ciudad alemana de Karlsruhe (próxima a Heidelberg), que contó con la participación de 127 científicos de once países europeos y de Méjico, incluyendo a los jóvenes químicos Dimitri Mendeleiev y Stanislao Cannizzaro. Fue Cannizzaro quien expuso con toda claridad sus ideas sobre la teoría atómica y aclaró los conceptos de peso atómico y peso molecular. Las ideas de Cannizzaro tuvieron una gran influencia en Lothar Meyer y en Mendeleiev a la hora de desarrollar su Tabla Periódica.



I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	B	Al				In(?)		Tl
	C	Si	Ti		Zr	Sn		Pb
	N	P	V	As	Nb	Sb	Ta	Bi
	O	S	Cr	Se	Mo	Te	W	
	F	Cl		Br		I		
			Mn Fe Co Ni		Ru Rh Pd		Os Ir Pt	
Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	Au	
Be	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba	Hg	

Tabla Periódica

En función del volumen atómico y de otras propiedades como el peso atómico, Lothar Meyer construyó una Tabla Periódica en la que aparecen ordenados los elementos según el peso atómico creciente, semejante a la de Mendeleiev. En la tabla de Lothar Meyer, en posiciones horizontales, los elementos aparecen ordenados de forma similar a los actuales grupos (B, Al; C, Si, Sn, Pb; N, P, As,...); y en posiciones verticales, aparecen los elementos correspondientes a los actuales periodos (B, C, N, O, F,...)

Mendeléiev tuvo la genialidad de dejar huecos libres que debían de corresponder a elementos que todavía no se habían descubierto, para los que propuso sus pesos atómicos y sus propiedades, basados en las propiedades de los elementos vecinos. Estos elementos los denominó “eka-aluminio” (que significa el primero debajo del aluminio), “eka-boro” y “eka-silicio”.

Todos los años, Mendeleiev revisaba su tabla periódica. En **1871** modifica los pesos atómicos de algunos elementos, y también su tabla periódica, de manera que las filas horizontales de la clasificación de 1869 pasaron a ser columnas verticales; es decir, las columnas verticales o grupos tienen propiedades periódicas, y las filas horizontales o periodos van en función del peso atómico. En esta tabla, Mendeleiev no solo tiene en cuenta el peso atómico a la hora de ordenar los elementos, sino también la valencia.

Reihen	Gruppe I. — R ² O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R ² O ³	Gruppe IV. RH ⁴ RO ²	Gruppe V. RH ³ R ² O ⁵	Gruppe VI. RH ² RO ³	Gruppe VII. RH R ² O ⁷	Gruppe VIII. — RO ⁴
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	

Tabla Periódica de 1871

La Tabla de 1871 contiene **ciertas anomalías debidas a errores en la determinación de los pesos atómicos** de algunos elementos:

- No hay un lugar definido para el hidrógeno (podría colocarse indistintamente en el grupo de los halógenos o de los metales alcalinos).
- No hay separación clara entre metales y no metales. El wolframio y el manganeso aparecen en el grupo de los elementos no metálicos.
- No había previsto un lugar para los lantánicos ni para los actínidos.
- Tampoco figuran en su tabla los gases nobles, que no se conocían en ese momento.

A pesar de esto, Mendeleiev tuvo **grandes aciertos**, cambió el orden de colocación del Cobalto y del Níquel; del Teluro y del Yodo; y del Argón y del Potasio. Y en función de sus propiedades químicas revisó los pesos atómicos del Berilio, Indio y Uranio.

Entre 1875 y 1886, tuvo la satisfacción de que varios químicos descubrieran los tres elementos que él denominó con el prefijo “eka”:

- Paul Lecoq (químico francés), en 1875 descubrió el “eka-aluminio” que denominó **Galio**
- en 1879 Lars Nilson (químico sueco) descubrió el “eka-boro” que denominó **Escandio**
- y finalmente, en 1886, el “eka-silicio” fue descubierto por Clemens Alexander Winkler (químico alemán) que le denominó **Germanio**.

Tablas. Propiedades propuestas por Mendeleiev para los eka-elementos, y las del elemento correspondiente una vez descubierto

Propiedad	Eka-aluminio (Ea)	Galio (Ga)
Peso atómico	68	69,76
Densidad	5,9 g/cm ³	5,93 g/cm ³
Fórmula del óxido	Ea ₂ O ₃	Ga ₂ O ₃
Punto de fusión	Bajo	30,1 °C
Punto de ebullición	Elevado	1983 °C

Propiedad	Eka-boro (Eb)	Escandio (Sc)
Peso atómico	44	43,79
Tipo de óxido	Eb ₂ O ₃	Sc ₂ O ₃
Densidad del óxido	3,5 g/cm ³	3,86 g/cm ³
Sulfato	Eb ₂ (SO ₄) ₃	Sc ₂ (SO ₄) ₃

Propiedad	Eka-silicio (Es)	Germanio (Ge)
Peso atómico	72	72,59
Densidad	5,5 g/cm ³	5,35 g/cm ³
Calor específico	0,31 KJ/Kg.K	0,32 KJ/Kg.K
Punto de fusión	Alto	960 °C
Fórmula del óxido	EsO ₂	GeO ₂
Fórmula del cloruro	EsCl ₄	GeCl ₄
Densidad del óxido	4,7 g/cm ³	4,7 g/cm ³
Punto de ebullición del cloruro	100	86
Color	Gris	Gris

Mendeleiev continuó revisando anualmente su Tabla Periódica, hasta su muerte en 1907. Para que la Tabla funcionara tuvo que colocar 3 elementos en un mismo espacio: Cerio, Erblio y Terbio; se estaba descubriendo un nuevo grupo de metales muy parecidos entre sí, a partir de un grupo de minerales que eran las denominadas **tierras raras** (lantánidos y actínidos); y fue **Bohuslav Brauner** (1855 -1935), químico Checo, quien le ayudó, en 1902, a ubicar las tierras raras al pie de la tabla Periódica en la **serie octava**.

Fue **William Ramsay (1852- 1916)**, químico británico, en 1892, quien descubrió la mayoría de los **gases nobles**, y el que propuso introducir el **grupo cero** para alojarlos, ya que Mendeleiev había colocado los elementos químicos en función de su peso atómico y de su valencia, y a estos gases nobles se les asignó valencia cero.

Mendeleiev no forzó a los elementos a acomodarse en una Tabla, dejó que los elementos formaran la Tabla. Esta diferencia fue una de las claves de su éxito.

SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS. DE D. I. MENDELEIEF

Series	GRUPOS DE ELEMENTOS							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	—	Hidrógeno H = 1,0078	—	—	—	—	—	—
2	Helio He = 4,002	Litio Li = 6,94	Berilio Be = 9,02	Boro B = 10,82	Carbono C = 12,00	Nitrógeno N = 14,008	Oxígeno O = 16,000	Flúor F = 19,00
3	Neon Ne = 20,18	Sodio Na = 22,997	Magnesio Mg = 24,32	Aluminio Al = 26,97	Silicio Si = 28,06	Fósforo P = 31,02	Azufre S = 32,06	Cloro Cl = 35,457
4	Argón Ar = 39,94	Potasio K = 39,104	Calcio Ca = 40,07	Escandio Sc = 45,10	Titanio Ti = 47,90	Vanadio V = 50,95	Cromo Cr = 52,01	Manganeso Mn = 54,93
5	—	Cobalto Co = 63,57	Cinc Zn = 65,38	Galio Ga = 69,72	Germanio Ge = 72,60	Arsénico As = 74,96	Selenio Se = 79,2	Bromo Br = 79,916
6	Criptón Kr = 83,9	Rubidio Rb = 85,45	Estroncio Sr = 87,63	Itrio It = 88,93	Circonio Zr = 91,22	Niobio Nb = 93,5	Molibdeno Mo = 96,0	Hierro Cobalto Níquel Fe=55,84 Co=58,94 Ni=58,69 (C u)
7	—	Plata Ag = 107,88	Cadmio Cd = 112,41	Indio In = 114,8	Estanio Sn = 118,70	Antimonio Sb = 121,76	Telurio Te = 127,5	Iodo I = 126,93
8	Xenón Xe = 130,0	Cesio Cs = 132,81	Bario Ba = 137,30	Lantano La = 138,9	Cerio Ce = 140,13	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Terbio Yb = 173,5	—	Tantalio Ta = 181,5	Tungsteno W = 184,0	Osmio Iridio Platino Os=190,9 Ir=193,1 Pt=195,23 (Au)
11	—	Oro Au = 197,2	Mercurio Hg = 200,61	Talio Tl = 204,39	Plomo Pb = 207,21	Bismuto Bi = 209,0	—	—
12	Niobio Nb = 222	—	Radio Ra = 225,97	—	Torio Th = 232,12	—	Uranio U = 238,14	—
	R	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₃	RO ₃	R ₂ O ₇
		Combinaciones hidrogenadas		Oxidos superiores que forman sales		superiores gaseosas		RO ₄
				RH ₄		RH ₃	RH ₂	RH

A finales del siglo XIX comenzaron a aparecer **problemas en la tabla periódica** de Mendeléiev como **consecuencia del descubrimiento de la estructura interna del átomo**. Entre éstos descubrimientos destacan:

- El descubrimiento de los **rayos X** por Wilhelm C. Röntgen en 1895
- El hallazgo de la **radiactividad natural** por Henri Becquerel en 1896

- El descubrimiento de los primeros **elementos radiactivos** por Marie y Pierre Curie en 1898. Estos elementos fueron **polonio** y **radio**.
- La **identificación del electrón** por Joseph John Thomson en 1897. El descubrimiento de esta partícula causó una gran decepción en Mendeleiev ya que los átomos podían dividirse en partículas más pequeñas, contra el criterio del químico ruso.

Aparecen también los **primeros modelos de la estructura atómica** por Thomson, Rutherford, Bohr y Sommerfeld entre 1896 y 1915. Con lo cual aparecen nuevos conceptos asociados a la teoría atómica y a la mecánica cuántica, que con su desarrollo en la década de 1920, por los físicos Bohr, Pauli, Schrödinger y Heisenberg, dio lugar a una interpretación más sofisticada de la Tabla Periódica.

2.8. Antonius van den Broek (1870 – 1926)



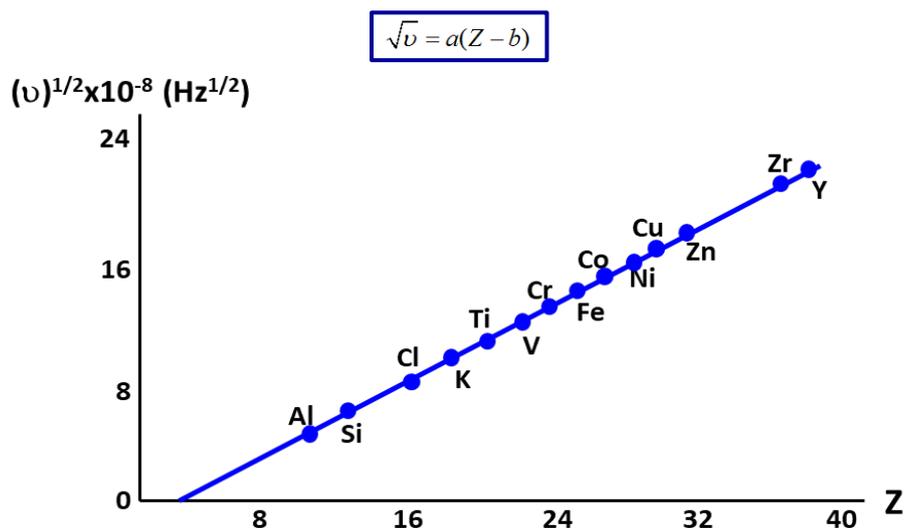
Abogado y matemático holandés, aficionado a la física, fue quien **definió el concepto de número atómico**. Se dio cuenta de que el número de un elemento de la tabla periódica (que ahora se llama número atómico) corresponde a la carga de su núcleo atómico. Propuso que cada elemento de la tabla periódica tiene una carga nuclear igual a una unidad más que el elemento anterior, pero no pudo demostrarlo. Esta hipótesis fue publicada en **1911** en Nature (The Number of Possible Elements and Mendeléff's "Cubic" Periodic System; Nature volume 87, page 78 (1911))

2.9. Henry Moseley (1887-1915)



Científico inglés, cuya muerte en la Primera Guerra Mundial, a los 27 años de edad, supuso una gran pérdida para la Ciencia. Moseley en 1912 comenzó a estudiar los espectros de rayos X de una serie de elementos contiguos de la Tabla Periódica. Los espectros presentaban unas rayas características que se desplazaban hacia menores longitudes de onda (mayores frecuencias) al tiempo que se avanzaba de un elemento al siguiente de la clasificación periódica.

La frecuencia (ν) de esas rayas se podía determinar mediante una fórmula empírica que era función del número atómico (Z) que correspondía a la posición del elemento tratado en la Tabla periódica, y que se conoce como **Ley de Moseley**, que se publicó en 1914.



Se obtiene una línea sobre la cual podemos colocar los elementos químicos en función de su número atómico creciente

De acuerdo con la Ley de Moseley, **la tabla periódica pasaba a ordenarse** por el número de protones o electrones de cada elemento, es decir, **por el número atómico**.

Consecuencia inmediata de este cambio fue:

- Las parejas que estaban invertidas según una ordenación del peso atómico ahora estaban correctamente colocadas: Te -I, Co-Ni y Ar-K
- La posición de los elementos Os, Ir y Pt se corrigió cuando se modificaron sus pesos atómicos.
- Se estableció que entre H y He no había ningún otro elemento.
- Permitted asegurar que entre Ba y Hf había 15 elementos, incluido el La, los llamados lantánidos.

2.10. Frederick Soddy (1877-1956)



Los científicos siguieron aislando nuevos elementos, producto de transformaciones radiactivas. Se sabe que el uranio, el torio y el actinio tenían cada uno una serie de transformaciones diferentes.

Químico inglés. Premio Nobel de Química en 1921.

Frederick Soddy, físico y químico británico, fue quien afirmó que todos los elementos sintéticos eran variedades de unos elementos químicamente iguales, que les correspondía el mismo lugar en la tabla periódica. La **ley de Soddy o de los desplazamientos radiactivos** (1913) proponía que los átomos pesados son inestables y que un elemento pesado puede comenzar un proceso espontáneo de desintegración atómica, desprendiéndose de una cierta cantidad de masa y carga de sus átomos hasta llegar a constituir un nuevo elemento. Soddy acuñó el término isótopo para

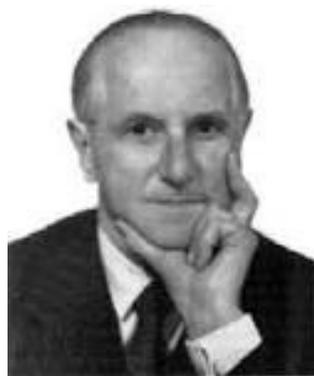
designar a los átomos dotados del mismo número atómico pero de masa diferente. Recibió el Premio Nobel de Química en 1921 por sus contribuciones al conocimiento de la química de las sustancias radiactivas y por sus investigaciones acerca de la naturaleza de los isótopos.

3. SISTEMA PERIÓDICO ACTUAL

La Tabla de Mendeleiev condujo a la Tabla Periódica actual. Se utilizó el **número atómico** como número ordenador de la Tabla, y se estructuró en **18 Grupos o columnas** y **7 Periodos o filas**. Esta estructura fue propuesta por el químico suizo **Alfred Werner** (1866 - 1919; Premio Nobel de Química en 1913) y por el químico austriaco **Friedrich Adolf Paneth** (1887 – 1958).



Alfred Werner



Friedrich A. Paneth

Cada Grupo de la tabla periódica es una columna vertical que corresponde a una serie química. Los elementos del mismo Grupo tienen la misma configuración electrónica en su capa más externa y, como consecuencia de ella, presentan similares propiedades físicas y químicas. Los elementos de los Grupos 1, 2 y 13 a 18 se denominan **representativos**. Los elementos de los Grupos 3 al 12 son los **elementos de transición**. Los lantánidos y actínidos son los elementos de **transición interna**.

Los Periodos agrupan a los elementos químicos en función de la capa a la que pertenezcan los electrones más externos. El primer periodo contiene dos elementos; el segundo periodo, ocho; en el tercer periodo hay también ocho elementos; en el cuarto periodo hay dieciocho elementos; en el quinto también hay dieciocho; en el sexto periodo hay treinta y dos elementos, al igual que en el séptimo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H Hidrógeno 1,008		Número atómico 18 Configuración electrónica 2 8 8 Símbolo Ar Nombre Argón Peso atómico 39,948			Metaloides		No metales										2 He Helio 4,002602
3 Li Litio 6,94	4 Be Berilio 9,01218				Metales		Otros no metales		Halógenos		Gases nobles						
11 Na Sodio 22,989	12 Mg Magnesio 24,305				Alcalinos		Alcalinotérreos		Lantánidos		Metales de transición		Metales del bloque p				
19 K Potasio 39,0983	20 Ca Calcio 40,078	21 Sc Escandio 44,9559	22 Ti Titanio 47,887	23 V Vanadio 50,9415	24 Cr Cromo 51,9961	25 Mn Manganeso 54,938	26 Fe Hierro 55,845	27 Co Cobalto 58,933	28 Ni Níquel 58,6934	29 Cu Cobre 63,546	30 Zn Zinc 65,38	31 Ga Galo 69,723	32 Ge Germanio 72,63	33 As Arsénico 74,9216	34 Se Selenio 78,9718	35 Br Bromo 79,904	36 Kr Kriptón 83,798
37 Rb Rubidio 85,4678	38 Sr Estroncio 87,62	39 Y Itrio 88,90584	40 Zr Circonio 91,224	41 Nb Niobio 92,90637	42 Mo Molibdeno 95,95	43 Tc Tecnecio (98)	44 Ru Rutenio 101,07	45 Rh Rodio 102,9055	46 Pd Paladio 106,42	47 Ag Plata 107,8682	48 Cd Cadmio 112,414	49 In Indio 114,818	50 Sn Estaño 118,710	51 Sb Antimonio 121,760	52 Te Telurio 127,60	53 I Yodo 126,905	54 Xe Xenón 131,293
55 Cs Cesio 132,905	56 Ba Bario 137,327	57-71 Lantánidos	72 Hf Hafnio 178,49	73 Ta Tantalio 180,9478	74 W Wolframio 183,84	75 Re Renio 186,207	76 Os Osmio 190,23	77 Ir Iridio 192,222	78 Pt Platino 195,084	79 Au Oro 196,966569	80 Hg Mercurio 200,59	81 Tl Talio 204,38	82 Pb Plomo 207,2	83 Bi Bismuto 208,9804	84 Po Polonio (209)	85 At Astatino (210)	86 Rn Radón (222)
87 Fr Francio (223)	88 Ra Radio (226)	89-103 Actínidos	104 Rf Ruberfordio (261)	105 Db Dubnio (268)	106 Sg Seaborgio (271)	107 Bh Bohrio (272)	108 Hs Hassio (277)	109 Mt Meitnerio (278)	110 Ds Darmstadtio (281)	111 Rg Roentgenio (282)	112 Cn Copernicio (285)	113 Nh Nihonio (284)	114 Fl Flerovio (289)	115 Mc Moscovio (288)	116 Lv Livermorio (293)	117 Ts Tennessio (294)	118 Og Oganesón (294)
57 La Lantano 138,905	58 Ce Cerio 140,116	59 Pr Praseodimio 140,90765	60 Nd Neodimio 144,242	61 Pm Prometio (145)	62 Sm Samario 150,36	63 Eu Europio 151,964	64 Gd Gadolinio 157,25	65 Tb Terbio 158,92535	66 Dy Disprosio 162,500	67 Ho Holmio 164,930329	68 Er Erbio 167,259	69 Tm Tulio 168,93032	70 Yb Yterbio 173,054	71 Lu Lutecio 174,966868			
89 Ac Actinio (227)	90 Th Torio 232,0377	91 Pa Protactinio 231,036888	92 U Uranio 238,02891	93 Np Neptunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curcio (247)	97 Bk Berkeleyo (247)	98 Cf Californio (251)	99 Es Einsteinio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (258)	102 No Nobelio (259)	103 Lr Lawrencio (262)			

3.1. Glenn Theodore Seaborg (1912-1999)



Científico estadounidense, Premio Nobel de Química en 1951. En 1944 fue co-descubridor de numerosos **elementos transuránicos**, desde el plutonio (**Pu**) al fermio (**Fm**), que están incluidos en el **grupo de los actínidos**. Este grupo terminaba con el elemento 103, Lr, laurencio.

Al elemento de número atómico 106 se le asignó su nombre, el **seaborgio (Sg)**.

3.2. Yuri Ts. Oganesián (1933)



Físico nuclear ruso. Implicado en el descubrimiento de los últimos seis elementos pesados ($Z = 113 - 118$). El **oganesón (Og, 118)**, el último gas noble, fue descubierto en 2006 por su grupo de investigación.

El seaborgio juntamente con el oganesón son los únicos elementos que han sido nombrados en honor de una persona viva en el momento de su asignación.

3.3. TRANSACTÍNIDOS

Hasta la actualidad se han seguido descubriendo **elementos radiactivos sintéticos transactínidos**, todos ellos elementos pesados. Son 15 elementos que van desde el **104 rutherfordio (Rf)** hasta el **118 oganeson (Og)**; y se colocan en la Tabla Periódica a continuación del laurencio (Lr, 103) en la serie de los actínidos, para mantener las propiedades de los elementos del grupo.

Transactínidos

Z	Nombre elemento	símbolo
104	rutherfordio	Rf
105	dubnio	Db
106	seaborgio	Sg
107	bohrio	Bh
108	hasio	Hs
109	meitnerio	Mt
110	darmstatio	Ds
111	roentgenio	Rg
112	copernicio	Cn
113	nihomio	Nh
114	flerovio	Fl
115	moscovio	Mc
116	livermorio	Lv
117	téneso	Ts
118	oganeson	Og

Dentro de los transactínidos hay que reseñar algunos elementos:

- **Meitnerio, Mt, Z=109**, ya fue predicho por Mendeleiev, que le denominó **eka-iridio**. Fue nombrado así por la IUPAC en honor de la científica austriaca Lise Meitner (1878-1968).
- **Roentgenio, Rg, Z= 111**. Siguiendo la sistemática de Mendeleiev, **eka-oro**, en 2004 se le denominó Roentgenio.

Actualmente, hay dos elementos por descubrir, a los cuales se les atribuye alguna propiedad, son el unuennium (Uue; Z=119) y el unbinilium(Ubn; Z=120)

4. CONTRIBUCIÓN DE CIENTÍFICOS ESPAÑOLES A LA TABLA PERIÓDICA

4.1. Antonio de Ulloa (1716 – 1795)



Naturalista y militar español. En 1735 formó parte de la expedición franco-española que partió a Ecuador para dilucidar la forma exacta de la Tierra, y trajo muestras de un metal que había descubierto, **el platino**, que constituyó el elemento 78 (Z=78) de la tabla periódica.

4.2. Juan José Delhuyar (1754 - 1796) y Fausto Delhuyar (1755 – 1833)



Químicos españoles, que viajaron por distintos países europeos para formarse con los mejores químicos y geólogos. Aislaron el **wolframio** (Z = 74) de la wolframita, en España, en 1783.

4.3. Andrés Manuel del Río Fernández (Madrid 1764 – Méjico1849)



Científico y naturalista. Fue profesor de mineralogía en México, donde en 1801 encontró el **vanadio** (Z = 23) en una mina de plomo mejicana. El premio más prestigioso de la Sociedad Química de México lleva su nombre.

5. CONTRIBUCIÓN DE LAS CIENTÍFICAS A LA TABLA PERIÓDICA

5.1. Marie Curie (1867 -1934)



Marie Salomea Sklodowska. Científica polaca nacionalizada francesa que recibió un premio Nobel en 1903 (de Física) y otro en 1911 (de Química) por el descubrimiento del **polonio (Po; Z= 84)** y el **radio (Ra; Z = 88)**

5.2. Lise Meitner (1878-1968)



Científica austriaca. Descubrió el **protactinio (Pa; Z= 91)** en 1918 junto a Otto Hahn. Contribuyó decisivamente a la comprensión de la “fisión nuclear”. En 1938 Peter Armbruster y Gottfried Münzenberg sintetizaron el **elemento 109** al que bautizaron con el nombre de “**meitnerio (Mt)**” en su honor.

5.3. Berta Karlik (1904-1990)



Física austriaca. Descubrió los **isótopos del astato (1943-1944)**. Logró probar la existencia del elemento 85 (**At**) en la naturaleza (junto con TraudeCless-Bernert)

5.4. Ida Noddack (1896 – 1978)



Ida Tacke. Química alemana. En 1924, en colaboración con Walter Noddack y Otto Berg, aísla del mineral columbita el rhenium (**Re; renio**, elemento 75).

5.5. Marguerite Perey (1909-1975)



Técnico de laboratorio francesa. Trabajó con Marie Curie. Se doctoró por la Sorbona en 1946. Descubrió el elemento 87 (Actinium K) para el que propuso en nombre de **francio (Fr)**.

6. TIERRAS RARAS

Se denomina así a 17 elementos de la tabla periódica, que son los **15 lantánidos, el escandio (Sc) y el Itrio (Y)**. Tienen propiedades similares y destacan por sus propiedades magnéticas. Son esenciales para producir una gran cantidad de productos electrónicos

A pesar de su denominación, las tierras raras no son escasas. El problema es la dificultad de encontrar estos minerales en concentraciones suficientes para que merezca la pena su extracción. Una extracción que puede conllevar riesgos medioambientales y para la salud.

China acapara el 80% de la producción mundial, el 20% restante está distribuido entre Australia (12%), Brasil, India y Rusia. Las tierras raras se consideran como poderes emergentes ya que contienen los metales más codiciados actualmente.

Una empresa española (Quantum Minería) está proyectando abrir en Ciudad Real (en Torre de Juan Abad y Torrenueva) una **mina de tierras raras**. Sus **yacimientos destacan por el alto contenido en Neodimio, Praseodimio y Europio**. Parece que estos yacimientos tienen una radioactividad muy baja, por lo que no generarían grandes

problemas medioambientales. El reto es encontrar las formas de explotar estos recursos de una manera viable, económica y medioambientalmente.

En qué objetos de la vida cotidiana se utilizan las tierras raras

Tabla periódica de los elementos

LIGERAS

Escandio

- Luces de estadios deportivos.

Lantano

- Motores y baterías híbridas.
- Aleaciones metálicas.

Cerio

- Catalizadores de automóviles.
- Refinerías de petróleo.
- Aleaciones metálicas.
- Motores y baterías híbridas.

Praseodimio

- Imanes.
- Motores y baterías híbridas.
- Discos duros.
- Teléfonos móviles.
- Cámaras.
- Reflectores.
- Piezas de aviones.

Neodimio

- Imanes de alta pureza.
- Catalizadores de automóviles.
- Refinerías de petróleo.
- Discos duros.
- Portátiles.
- Teléfonos móviles.
- Auriculares.
- Cámaras.
- Motores y baterías híbridas.

Prometio

- Unidades portátiles de rayos X.

Samario

- Imanes.

Europio

- Color rojo en pantallas de televisores y ordenadores.
- Fibra óptica.

PESADAS

Itrio

- Pigmento rojo.
- Lámparas fluorescentes.
- Cerámica.
- Aleaciones metálicas.
- Fibra óptica.

Lutecio

- Catalizadores en las refinerías de petróleo.

Gadolinio

- Imanes.

Terbio

- Fósforos.
- Imanes permanentes.
- Discos duros.
- Teléfonos móviles.
- Cámaras.

Disproσιο

- Imanes permanentes.
- Motores y baterías híbridas.
- Discos duros.
- Teléfonos móviles.
- Cámaras.

Holmio

- Coloración de vidrio.
- Láser.

Erbio

- Fósforos.

Tulio

- Rayos X y otros instrumentos médicos.

Iterbio

- Láser.
- Aleaciones de acero.

Fuente: Colegio de Geólogos de España
ALEJANDRO MERAVIGLIA / CINCO DÍAS

https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/05/31/mercados/1559304435_784199.html

7. CONCLUSIÓN

La tabla de Mendeleiev ha sufrido pocos cambios desde su creación, la modificación más significativa, después de la incorporación del grupo de los gases nobles y de los grupos correspondientes a los lantánidos y actínidos, ha sido la forma en que se representa, conocida como “forma larga”, que se comenzó a utilizar a finales de la década de 1930.

Mendeleiev no forzó a los elementos a acomodarse en la tabla, dejó que los elementos formaran la tabla; y tuvo la genialidad de dejar huecos libres y suponer que correspondían a elementos que todavía no habían sido descubiertos, y predijo, con todo lujo de detalles, las propiedades físicas y químicas que tendrían. Esta diferencia fue la clave de su éxito y reconocimiento, por ello se le considera el padre de la Tabla Periódica.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Monográfico Año Internacional de la Tabla de los Elementos Químicos. RSEQ. Anales de Química, 115 (2): 54-182, 2019.
- L. Moreno. Más allá de Mendeleiev: 2019, Año Internacional de la Tabla Periódica. Investigación y Ciencia, 11 pag, 29 enero 2019.
- E. Scerri. La Tabla periódica; una obra inacabada, Investigación y Ciencia, 14-17, junio 2019.
- A. Meraviglia. Cinco Días, 2 Junio 2019.
(https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/05/31/mercados/1559304435_784199.html)
- J.A. Aunión. La Mancha esconde tierras raras que agitan el mundo. El País 11 mayo 2015.
- M. Vidal. Tierras raras: El oro del siglo XXI, el arma de China en la guerra tecnológica. El País, 6 junio 2019
- J. Illana, J.A. Aranque, A. Liébana, J.M. Teijón. Química, Bachillerato 2. Ed. Anaya, 2018.
- J.A. Peña, R. Ramírez y A. Esparza. La tabla periódica nos cuenta su historia. Cinvestav 58-71, abril-junio 2006.
- J.M. Teijón, A. Pozas, J. Illana, A. Garrido, A. Romero. Curso de Química. Ed. MacGraw-Hill 1993
- Biografías y Vidas. La Enciclopedia Biográfica en Línea.
<https://www.biografiasyvidas.com>