

La Tabla Periódica de los Elementos

December 29, 2013

La Tabla Periódica de los Elementos es una de las gestas científicas más fascinantes de la Historia. En nuestra página hemos decidido crear una Tabla Periódica, pero dándole una orientación diferente. Dado que para cada elemento hay muchísima información disponible en internet, sería un trabajo redundante hablaros de cosas como las propiedades, descubrimiento, etc. En su lugar, prefiero que veamos el aspecto de los elementos, de modo que os presento una **Tabla Periódica visual**, que vamos construyendo poco a poco con imágenes originales (en éste blog intentamos que todo el contenido sea original, no eco de otros) de los elementos químicos realizadas tanto sobre muestras naturales de mi colección, como elementos obtenidos personalmente en el laboratorio u obtenidos de diversas fuentes, así como imágenes relevantes relacionadas con cada elemento, un poco de su Historia e incluso algunos experimentos relacionados con ellos. Lo elementos van ordenados según su periodo y los puedes encontrar en los siguientes links:

IA 1	alkali metals										noble gases					VIIA 18						
H	IIA 2	post-transition metals										IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	He					
Li	Be	transition metals										B	C	N	O	F	Ne					
Na	Mg	IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VII B 7	VIII 8	VIII 9	VIII 10	IB 11	IIB 12	Al	Si	P	S	Cl	Ar					
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr					
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe					
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn					
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	semimetals (metalloids)								halogens				
											lanthanides											
											actinides											

S.K. Lower

Introducción a la Tabla Periódica

La lógica de la organización de los Elementos Químicos es, posiblemente, uno de los más bellos y fascinantes descubrimientos de la Humanidad. Contiene la quintaesencia de la organización y las propiedades de la materia y, en un vistazo, nos explica por qué los objetos, los minerales, los seres vivos, todo, es como es. A mí me ha fascinado desde que tenía 10 o 12 años, en mis primeras visitas al Museo Nacional de Ciencias Naturales, en Madrid, donde por primera vez pude percibir la lógica de la relación entre los elementos que componen los minerales y sus propiedades. Esta fascinación la comparto con Oliver Sacks (“El Tío Tungsteno”, un libro muy recomendable). En una escena de la película [Despertares](#) (Penny Marshall, 1990), Oliver Sacks (encarnado por Robin Williams) le dice a Robert de Niro, explicándole cómo se organizan los elementos en la Tabla Periódica:



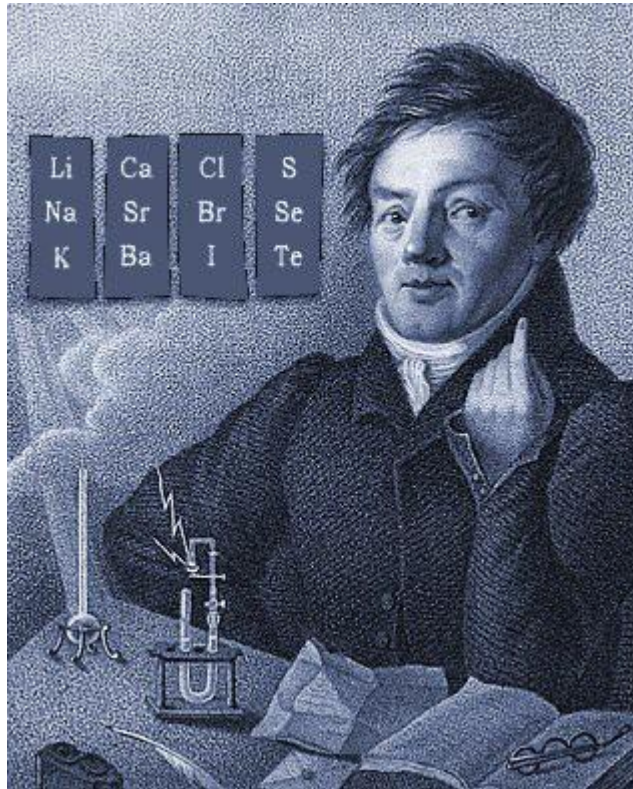
Robin Williams encarnando a Sacks en la película. Obsérvese el diseño de su tabla periódica y el de la foto de Seaborg, más abajo.

Es el Universo en su esencia (...) cada elemento tiene su lugar en el Orden. No se puede cambiar, es seguro pase lo que pase...

La representación de los elementos químicos en la Tabla Periódica es una de las modelizaciones más elegantes de la Historia de la Ciencia. De un modo magistral se ordenan todos los elementos químicos de la Naturaleza, de tal modo que sus propiedades no son aleatorias, sino que van ordenándose igualmente siguiendo el orden marcado por su número atómico.

Como buen modelo científico, la Tabla Periódica tiene valor predictivo: a partir de las propiedades de algunos elementos, podemos *predecir* las propiedades de otros elementos sin necesidad de verlos, simplemente por la posición que ocupan en la tabla. Esta capacidad predictiva ha sido esencial en el descubrimiento de elementos como el germanio o el tecnecio. Además, tiene capacidad *explicativa*: descubrimos que las propiedades químicas de los elementos se pueden explicar a partir de algo tan sencillo como su *configuración electrónica*, es decir, cuantos electrones contiene el átomo y cómo se ordenan.

Si bien se considera a Dmitri Mendeleev el padre de la Tabla Periódica, como suele ser habitual en Ciencia, no ha sido un trabajo único. Algunos de los protagonistas del descubrimiento y desarrollo de la Tabla Periódica fueron: Johan Döbereiner, Dmitri Mendeleev, Julius Lothar Meyer, Clemens Winkler, Bohuslav Brauner, Henry Moseley, Glenn Seaborg y Harold Deming, aunque otros muchos científicos contribuyeron desde el siglo XIX hasta la síntesis, en 2002, del organesón, el elemento 118 de la tabla y último de la lista a fecha de hoy.

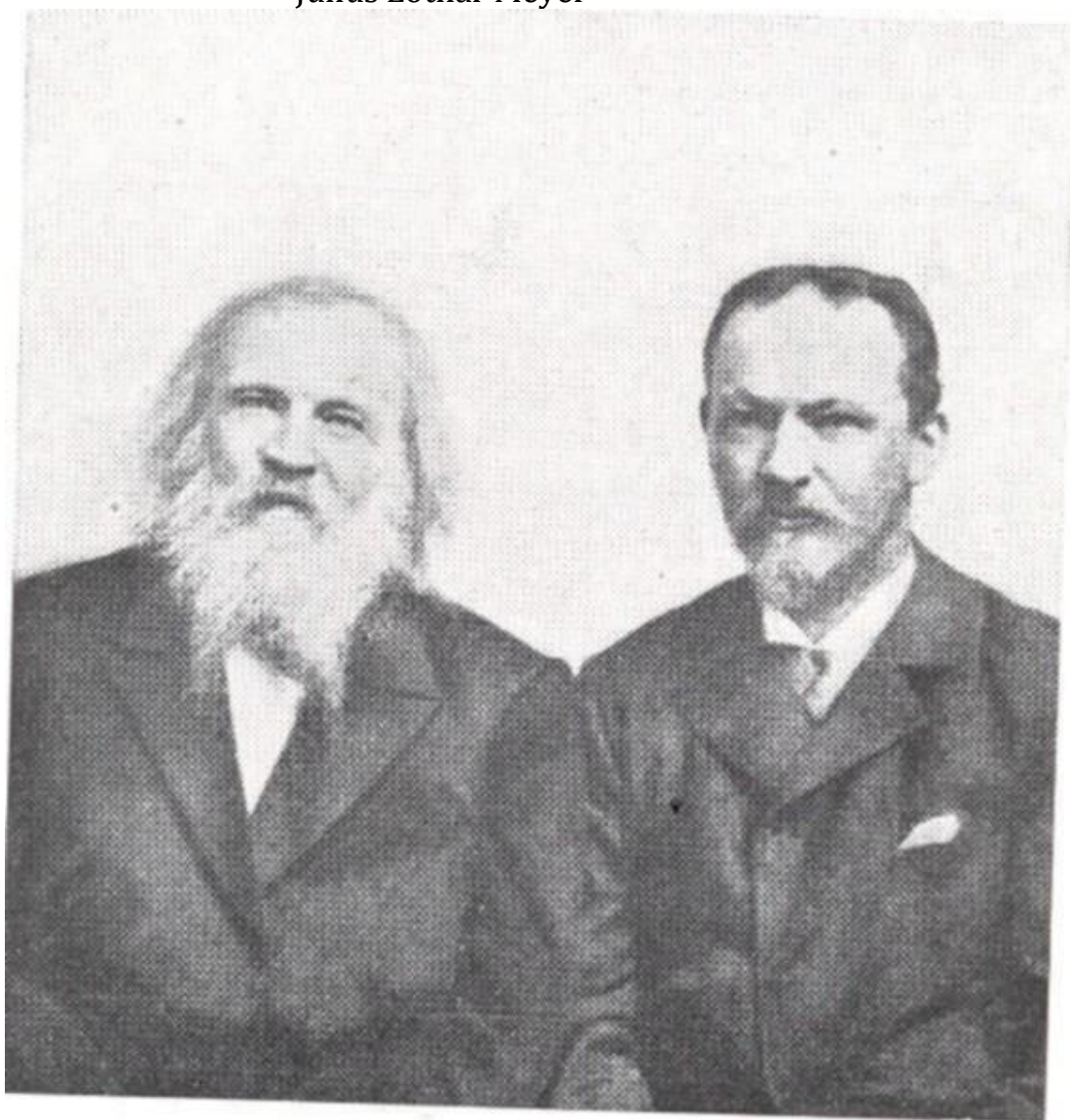


Döbereiner y sus triadas de elementos. Este famoso retrato del químico alemán siempre me hace gracia: ¿qué quiere decirnos con ese gesto con la mano?

Uno de los pioneros de la Tabla Periódica fue Johann Wolfgang Döbereiner, quien encontró que algunos elementos se organizan en triadas, encontrando que hay una relación entre las propiedades y una proporcionalidad creciente en densidad y peso atómico de algunos elementos, como calcio, estroncio y bario, azufre, selenio y telurio y cloro, bromo y yodo. Döbereiner publicó sus observaciones en 1829, en un pequeño artículo titulado "[Un intento de agrupar las sustancias elementales de acuerdo con sus analogías](#)"



Julius Lothar Meyer



Dmitri Mendeleev junto con su amigo Bohuslav Brauner

Dmitri Mendeleev y Lothar Meyer (arriba), a mediados del siglo XIX, intuyeron que las propiedades de los elementos no se distribuían al azar, sino que respondían a una lógica aún desconocida; tras ordenar los elementos según su peso atómico, Mendeleev descubrió, en 1869, la ley periódica en la que se basa la ordenación de los elementos, formulándola como sigue:

Las propiedades de los cuerpos simples, así como las formas y las propiedades de los compuestos de los elementos se encuentran en una dependencia periódica respecto al valor de los pesos atómicos de los elementos.

D.I Mendeleev, 1869

Tableau périodique des éléments

par D. Mendeleev

Tableau périodique des éléments

	<i>Li</i> = 7	<i>Be</i> = 9	<i>B</i> = 11	<i>C</i> = 12	<i>N</i> = 14	<i>O</i> = 16	<i>F</i> = 19	<i>Ne</i> = 20	<i>Na</i> = 23	<i>Mg</i> = 24	<i>Al</i> = 27	<i>Si</i> = 28	<i>P</i> = 31	<i>S</i> = 32	<i>Cl</i> = 35.5	<i>Ar</i> = 39.9	<i>K</i> = 39	<i>Ca</i> = 40	<i>Sc</i> = 45	<i>Ti</i> = 48	<i>V</i> = 51	<i>Cr</i> = 52	<i>Mn</i> = 55	<i>Fe</i> = 56	<i>Ni</i> = 58.7	<i>Cu</i> = 63.5	<i>Zn</i> = 65.4	<i>Ga</i> = 69.7	<i>Ge</i> = 72	<i>As</i> = 75	<i>Se</i> = 77.6	<i>Br</i> = 79.9	<i>Kr</i> = 83.8	<i>Rb</i> = 85.4	<i>Sr</i> = 87.6	<i>Y</i> = 88.9	<i>Zr</i> = 91.2	<i>Nb</i> = 92.9	<i>Mo</i> = 95.9	<i>Ru</i> = 101.1	<i>Rh</i> = 102.9	<i>Pd</i> = 106.4	<i>Ag</i> = 107.9	<i>Cd</i> = 112.4	<i>In</i> = 114.8	<i>Sn</i> = 118.7	<i>Sb</i> = 121.8	<i>Te</i> = 127.6	<i>I</i> = 126.9	<i>Xe</i> = 131.3	<i>Ba</i> = 137.3	<i>La</i> = 138.9	<i>Ce</i> = 140.1	<i>Pr</i> = 140.9	<i>Nd</i> = 144.2	<i>Pm</i> = 145	<i>Sm</i> = 150.4	<i>Eu</i> = 151.9	<i>Gd</i> = 157.3	<i>Tb</i> = 158.9	<i>Dy</i> = 162.5	<i>Ho</i> = 164.9	<i>Er</i> = 167.3	<i>Tm</i> = 168.9	<i>Yb</i> = 173.0	<i>Lu</i> = 175.0	<i>Hf</i> = 178.5	<i>Ta</i> = 180.9	<i>W</i> = 183.8	<i>Re</i> = 186.2	<i>Os</i> = 190.2	<i>Pt</i> = 195.1	<i>Au</i> = 197.0	<i>Hg</i> = 200.6	<i>Tl</i> = 204.4	<i>Pb</i> = 207.2	<i>Bi</i> = 208.98	<i>Po</i> = 209	<i>At</i> = 210	<i>Rn</i> = 222
--	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	---------------	------------------	------------------	---------------	----------------	----------------	----------------	---------------	----------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-----------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Essai d'un système des éléments d'après leurs poids atomiques et fonctions chimiques de D. Mendeleev.

Tableau périodique des éléments

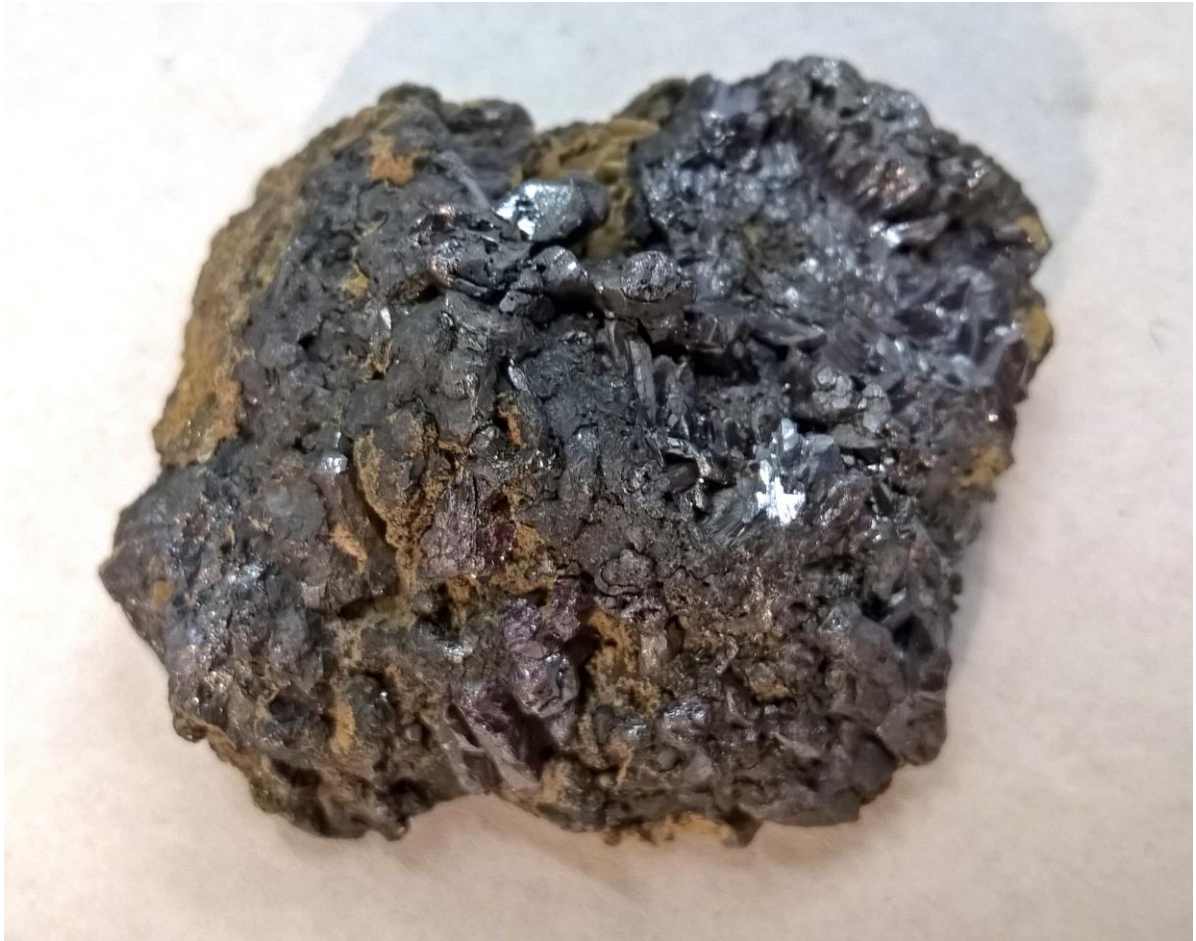
par D. Mendeleev

Cuaderno de laboratorio de Mendeleev, página de 1869 en la que escribió a mano la primera tabla periódica de los elementos y anotó, en francés, un título tentativo para el artículo que pensaba publicar sobre la ordenación de los elementos según su peso atómico.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104.4	Pt = 197.4
			Fe = 56	Ru = 104.4	Ir = 198
		Ni = Co = 59	Pd = 106.6	Os = 199	
H = 1			Cu = 63.4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9.4	Mg = 24	Zn = 65.2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27.4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210
	O = 16	S = 32	Se = 79.4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35.5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85.4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87.6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75.6	Th = 118?		

Una de las primeras ordenaciones de los elementos, publicada por D.I. Mendeleev en 1869-70, según los pesos atómicos. Observó, acertadamente, que (entre otros), justo después del silicio quedaba un hueco que debería ocupar un elemento aún no descubierto y con propiedades intermedias entre éste y el estaño.

Una de las primeras pruebas de la validez de la ley periódica de Mendeleev vino de la mano de un mineral: la [argirodita](#) (sulfuro de plata y germanio). La argirodita se encontraba en las minas de plata de Freiberg y un químico alemán, Clemens Winkler, descubrió un nuevo elemento en ella. Este nuevo elemento era ideal para comprobar si las predicciones de Mendeleev eran válidas y se estableció una nutrida correspondencia entre Winkler, Mendeleev y uno de los químicos más importantes de la época: [Lothar Meyer](#), quien descubrió la ley periódica de los elementos independientemente de Mendeleev y la publicó en 1870, casi al mismo tiempo que éste. Ambos llegaron a conclusiones similares y, si hubieran trabajado juntos, habrían avanzado más rápidamente en su desarrollo.



Argirodita, un mineral que jugó un papel relevante en el descubrimiento de la ley periódica de los elementos (ejemplar de Hiedelaencina).

MEYER'S TABLE OF 1868.

		Al=27.3 Si=14.8	Al=27.3				C=12.00 16.5 Si=28.5 S=32.1=44.5	
Cr=52.6	Mn=55.1 49.2 Ru=104.3 92.8=2.46.4 Pt=197.1	Fe=56.0 48.9 Rh=103.4 92.8=2.46.4 Ir=197.1	Co=58.7 47.8 Pd=106.0 93=2.465 Os=199.	Ni=58.7	Cu=63.5 44.4 Ag=107.9 88.8=2.44.4 Au=196.7	Zn=65.0 46.9 Cd=111.9 88.3=2.44.5 Hg=200.2	As=75.0 44.0 45.6 Sb=120.6 87.4=2.43.7 Bi=208.0	44.5 44.5 117.6 89.4=2.41.7 Pb=207.0
N=14.4 16.96 P=31.0 44.0 As=75.0 45.6 Sb=120.6 87.4=2.43.7 Bi=208.0	O=16.00 16.07 S=32.07 46.7 Se=78.8 49.5 Te=128.3	F=19.0 16.46 Cl=35.46 44.5 Br=79.9 46.8 I=126.8	Li=7.03 16.02 Na=23.05 16.08 K=39.13 46.3 Rb=85.4 47.6 Cs=133.0 71=2.35.5 Te=204.0	Be=9.3 14.7 Mg=24.0 16.0 Ca=40.0 47.6 Sr=87.6 49.5 Ba=137.1	Ti=48 42.0 Zr=90.0 47.6 Ta=137.6	Mo.=92.0 45.0 Vd=137.0 47.0 W=184.0		

Tabla periódica de Lothar Meyer de 1868 (pero publicada finalmente en 1870, con posterioridad a la publicación de Mendeleev).

Tras el descubrimiento del nuevo elemento en la argirodita, Mendeleev propuso que debía ser el eka-cadmio, un elemento que Mendeleev creía que debía estar situado entre cadmio y mercurio (la causa de este error la resolvió Bohuslav Brauner un poco más tarde). Lothar Meyer propuso que el nuevo elemento debía ser el eka-silicio. Cuando Winkler obtuvo mayor cantidad el elemento puro, verificó que, en efecto, se trataba del eka-silicio y lo denominó germanio.

50. Clemens Winkler: Germanium, Ge, ein neues, nichtmetallisches Element.

(Eingegangen am 8. Februar: mitgeth. in der Sitzung von Hrn. A. Pinner.)

Im Sommer des Jahres 1885 zeigte sich auf »Himmelsfürst Fundgrube« bei Freiberg ein reiches Silbererz von ungewöhnlichem Ansehen, in welchem A. Weisbach eine neue Mineralspecies erkannte, die er »Argyrodit« benannte. Th. Richter unterwarf das Mineral einer vorläufigen Untersuchung vor dem Löthrohre und fand darin als Hauptbestandtheile Schwefel und Silber, außerdem aber constatirte er das Vorhandensein einer geringen Menge Quecksilber, was insofern auffallend und interessant ist, als dieses Metall sich auf den Freiburger Erzgängen bisher noch niemals gezeigt hat.

Publicación de 1886 relatando el descubrimiento del germanio (Winkler, C. (1886). Germanium, Ge, ein neues, nichtmetallisches Element. Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 19(1), 210–211. doi:10.1002/cber.18860190156)

El episodio de la argirodita nos recuerda que el desarrollo de la Química y, particularmente, la Tabla Periódica de los Elementos, estuvo ligado a la Mineralogía. Los minerales son la fuente de los elementos y su conocimiento era esencial para los químicos hasta hace no demasiado tiempo. De hecho, casi todos los grandes químicos del siglo XIX fueron coleccionistas de minerales. Mendeleev no era una excepción. Lo que sí es excepcional es que parte de su colección todavía se conserva, en un museo en Rusia.



Ejemplar de la colección de minerales de Dmitri Mendeleev: cuarzo de Aveyron (Francia).

El descubrimiento del germanio fue la primera gran prueba superada por la ordenación periódica de los elementos. Otra prueba la resolvió Bohuslav Brauner, un importante químico checo y amigo de Mendeleev. Brauner, en base a lo que Mendeleev había observado, predijo la existencia de los elementos de transición interna (tierras raras y actínidos) colocándolos correctamente. Esto resolvía el error de Mendeleev con el eka-cadmio: le faltaban una serie completa de elementos, con propiedades similares al lantano y actinio.

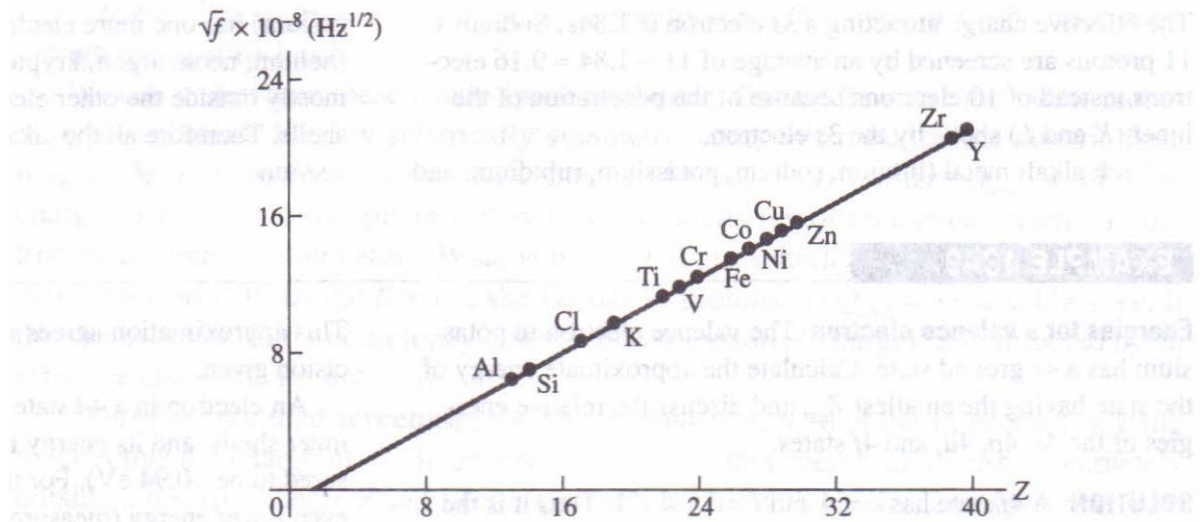
Brauner fue el autor de una de las primeras versiones de la Tabla Periódica de los Elementos en su forma moderna, en la que ubicaba los elementos del grupo de las tierras raras en su sitio, incluyendo la predicción de los elementos aún no descubiertos de ese grupo.

En la tabla de Brauner se explica muy bien la relación química entre fósforo, vanadio y arsénico (obsérvese que los incluye en el grupo 5) y entre el azufre, cromo y selenio (grupo 6), relación que los mineralogistas conocen tan bien.

La ordenación actual de los elementos según su número atómico, es decir, según la carga del núcleo del átomo, se aplicó

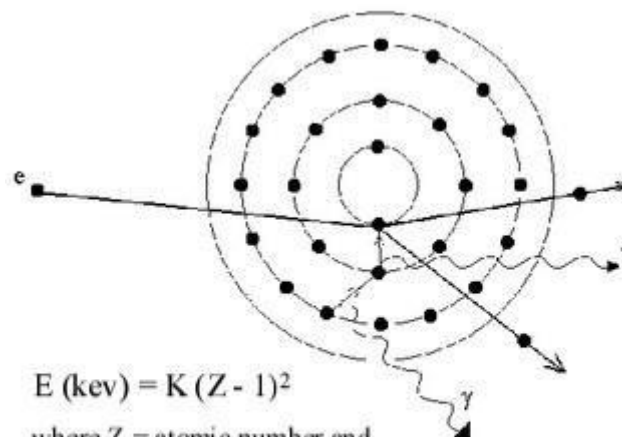
posteriormente, resultando en una ordenación mucho más potente. Esta ordenación en base al número atómico se debe a dos personas: El primero, un científico aficionado, Antonius Johannes van den Broek, quien descubrió el número atómico y propuso, en 1913, que éste podría ser un “número de serie” para los elementos; el gran Ernst Rutherford se rió de la propuesta de van den Broek diciendo que “la ciencia no es filatelia”, aunque le dió el reconocimiento por el descubrimiento de lo que Rutherford llamó “número atómico” (y así seguimos llamándolo) y afirmó que este valor era muy prometedor para el desarrollo de la física. El segundo padre de la ordenación actual por número atómico fué Henry Moseley, quien realizó un descubrimiento esencial (y que ahora usamos en el análisis espectroscópico de elementos): la ley de Moseley o dependencia de la energía de los rayos X emitidos por un elemento al ser excitado por un haz de electrones, con el número Z o “número atómico”. La emisión de rayos X (que ahora usamos en instrumentos de análisis, como el SEM-EDS) seguía perfectamente un orden equivalente al de la ordenación en la Tabla Periódica, lo que llevó a sugerir que, ordenando los elementos por número atómico, es decir, por el número de serie de van den Broek, todo (propiedades físicas y químicas) encajaría a la perfección. Moseley escribió, en el prodigioso año para la Química de 1913:

Tenemos aquí una prueba de que en el átomo hay una cantidad que se incrementa regularmente al pasar de un elemento al siguiente. Esta cantidad sólo puede ser la carga positiva del núcleo central, de cuya existencia tenemos ya una prueba definitiva.



43-16 The square root of Moseley's measured frequencies of the K_{α} line for 14 elements. The graph of \sqrt{f} versus Z is a straight line with an intercept at $Z = 1$, confirming Moseley's law, Eq. (43-29).

Ley empírica de Moseley: la relación entre la raíz cuadrada de la frecuencia de rayos X emitidos por un elemento es lineal y directamente proporcional al número atómico del elemento, ajustándose perfectamente a una recta.



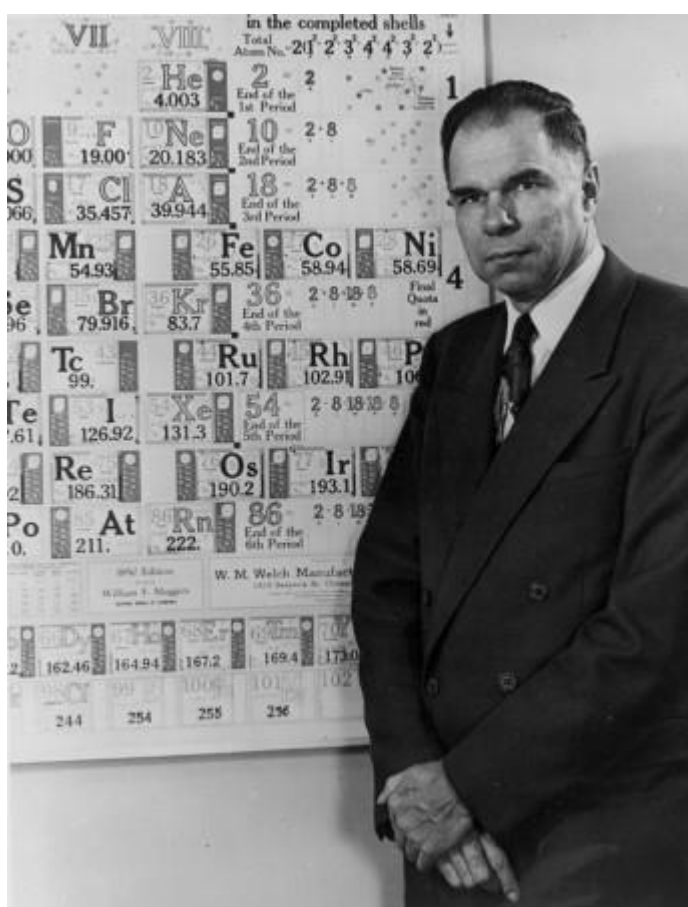
$$E \text{ (kev)} = K (Z - 1)^2$$

where Z = atomic number and
 $K = 1.042 \times 10^{-2}$ for the K-shell
 $K = 1.494 \times 10^{-3}$ for the L-shell
and $K = 3.446 \times 10^{-4}$ for the M-shell.

El descubrimiento de Moseley llevó a la ordenación de la tabla periódica según su número atómico, lo que permitió predecir la existencia de los elementos 43, 61, 72, 75, 85, 87 y 91. Su trabajo experimental mostraba que todo el trabajo realizado sobre el átomo iba por buen camino y fue esencial para tomarse en serio los modelos atómicos y demostraba que el número atómico era, en efecto, el "número de serie" que proponía van den Broek. Moseley, que era en extremo inteligente y apenas estaba empezando a realizar importantes contribuciones, murió en combate en la batalla de Galípoli, en 1915.

Sólo dos años después de publicar su ley de la emisión de rayos X y sentar las bases de tecnologías de análisis modernas, como la fluorescencia de rayos X. Tenía tan sólo 27 años. A partir de su muerte, el gobierno británico prohibiría alistarse en lo sucesivo a científicos en unidades militares destinadas al frente.

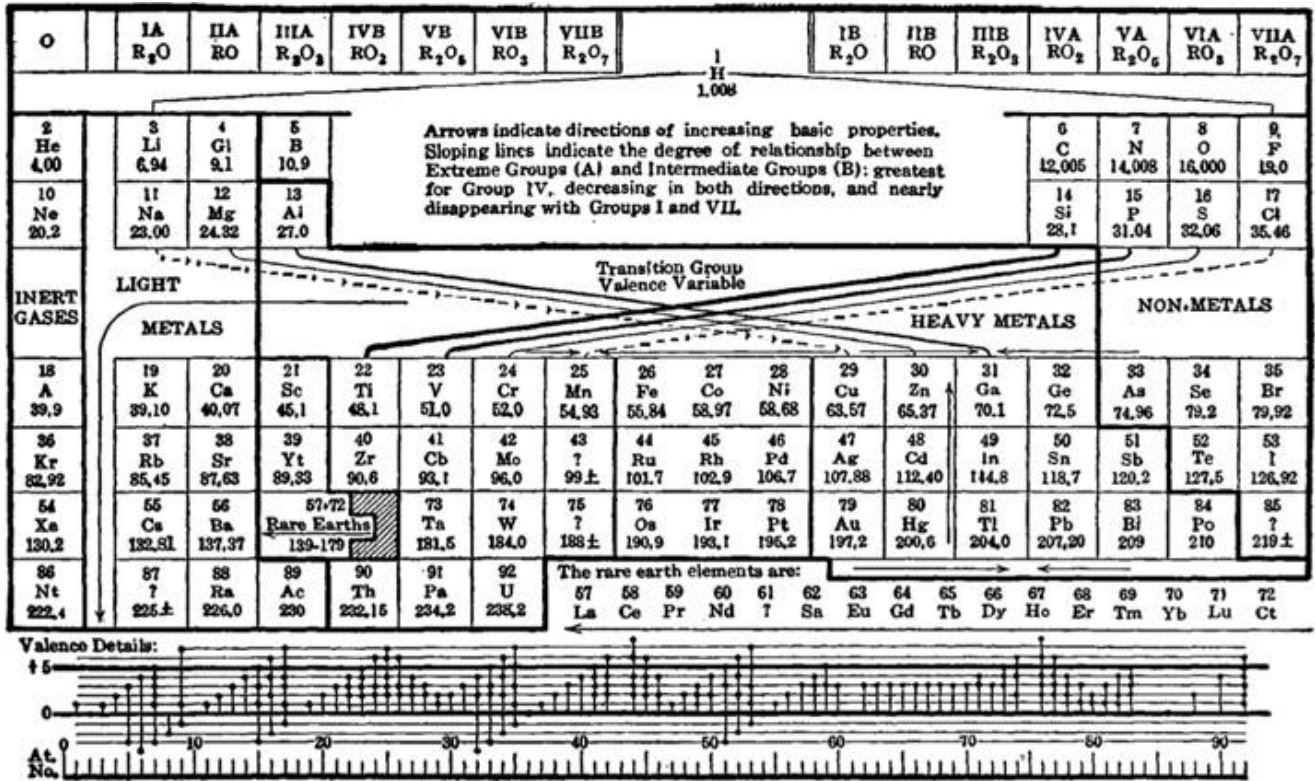
La forma que utilizamos actualmente se debe a dos científicos: el físico y premio Nóbel de Química norteamericano [Glenn T. Seaborg](#), uno de los descubridores del plutonio, el americio y el curio, que aquí vemos con la Tabla Periódica en un diseño que muchos químicos mayores recordarán:



En total, el equipo de Seaborg descubrió 9 nuevos elementos, lo que le llevó a rediseñar la forma de la tabla periódica. Seaborg predijo que la tabla podría expandirse hasta el elemento 168, incluyendo una tercera serie de transición interna, los “superactínidos”. Una nota curiosa: mi casera mientras viví en Atlanta, que trabajó en la CNN hasta su jubilación, tuvo la oportunidad de conocer personalmente y entrevistar a Glenn T. Seaborg. Así que sólo estuve a una persona de distancia de haber conocido a

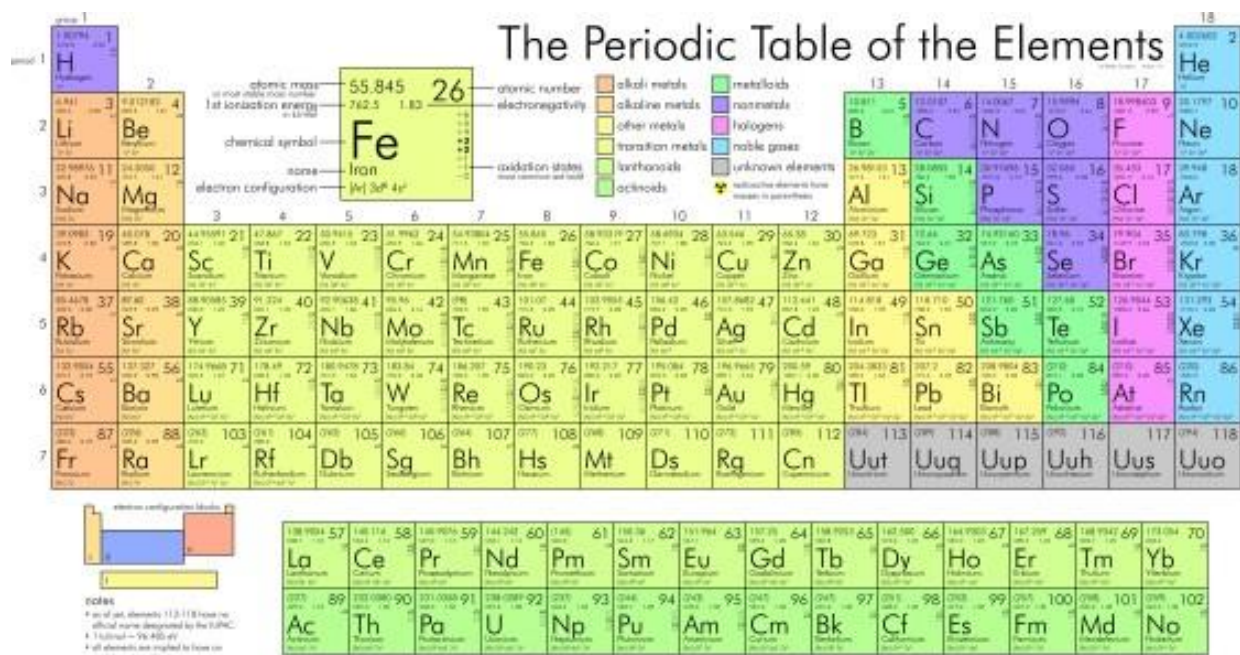
éste gran científico.

Sin embargo, menos conocido es el hecho de que, anteriormente, otro químico norteamericano, Horace Deming, propuso el aspecto actual de la Tabla en los años 1930:



Es interesante que Deming no tenía demasiado claro dónde ubicar el hidrógeno (y es que realmente no encaja bien del todo). El berilio figura como G1, ya que en su época se llamaba glucinio, por el sabor dulce de sus sales. El astato, tecnecio, renio y francio aún no se habían descubierto y figuran con un interrogante, aunque en su lugar correcto. Y una cosa que me gusta de la tabla de Deming es cómo relaciona el fósforo con el vanadio, el azufre con el cromo y el cloro con el manganeso. Si os gustan los minerales, veréis lógico entonces que los tanto los cromatos y los sulfatos como los vanadatos y los fosfatos se clasifiquen juntos.

Comparad la tabla de Deming con la tabla en su forma actual:



Actualmente se están proponiendo otros diseños, pero a mí me gusta éste, que veo lógico y elegante. También hay una moda de hacer “tablas periódicas” con otras cosas, como la “tabla periódica de los quesos” o la “tabla periódica de los tipos de letra” etc., cosa que me parece una ridiculez. Para mí la tabla periódica es una de las más hermosas y elegantes teorías científicas, una de las más influyentes y la puerta a entender la naturaleza de la realidad.