

Figura 1. La geosmina es la responsable del olor a tierra mojada.

## Resumen

La evolución no se da en organismos aislados del entorno ni entre sí; lo mismo vale para las teorías científicas: su desarrollo depende de mutuas y complejas interacciones con el entorno (no sólo conceptual) sino también material. En este artículo presentamos algunas de las interacciones que llevaron a diferentes ordenamientos periódicos de los elementos químicos. Esas interacciones las clasificamos en: instrumentos materiales, sociales e intelectuales. Sobra decir que, a semejanza de la evolución, la de la tabla periódica no ha sabido de disciplinas.

**Palabras clave:** Tabla periódica, evolución, interacciones, instrumentos.

## Abstract

Evolution does not occur in organisms isolated from the environment or from each other; the same goes for scientific theories: their development depends on mutual and complex interactions with the environment (not only conceptual) but also material. In this article we present some of the interactions that led to different periodic orderings of the chemical elements. We classify these interactions as: material, social and intellectual instruments. Needless to say that, like evolution, the periodic table has not known about disciplines.

**Keywords:** Periodic table, evolution, interactions, instruments.

## 1. Introducción

Evolucionamos de forma que comprender es placentero; quien comprende tiene mayores posibilidades de sobrevivir.  
*Carl Sagan.*

Todos los humanos hallamos placer en el olor de la tierra mojada. De hecho, ese olor se debe a un alcohol bicíclico, figura 1, producido por bacterias abundantes en aguas superficiales.

Los humanos, como casi todos los mamíferos detectamos la geosmina a concentraciones muy bajas (del orden de 5 partes por billón). Por esa capacidad, los animales (y nuestros antepasados paleolíticos) localizan el agua y favorecen la dispersión y, por consiguiente, la supervivencia de las bacterias. La evolución de los seres vivos implica interdependencia e historia. Lo mismo vale para la evolución de los conceptos; sólo se da en un complejo entorno de cuyas interacciones presentaremos algunos esbozos.

## 2. Desarrollo

Para comprender una ciencia es necesario conocer su historia.  
*Augusto Comte.*

Pongamos el inicio de nuestra historia en 1661 con Robert Boyle y su obra *El químico escéptico* donde define *elemento*: “constituyente de la materia que no puede descomponerse”, y añade que todas las sustancias materiales están formadas por partículas de distintos tamaños y naturaleza. Boyle fue uno de los fundadores de la *Royal Society* (1663) en una época en que el trabajo experimental apenas asomaba y, por lo mismo, carecía de patrones de medición, de equipo, de teoría de errores, de tablas, de manuales, etcétera. Boyle, aristócrata, invirtió mucho dinero no sólo en experimentos, también en la *East India Company*, y lo perdió (como Newton en la *South Sea Company*).

En 1661 ya se habían desarrollado el lenguaje algebraico actual, imprenta, tecnologías del vidrio y de metales; comenzaba la revolución industrial con las máquinas de vapor de Thomas Savery (1698) y Newcomen (1712) y con ellas los excedentes en producción de energía, de bienes, de capital y... la expansión de los imperios europeos: comercio de mercancías y esclavos, explotación y acumulación. Y también comenzaba el desarrollo científico; en 1666 se creó la Academia de Ciencias de Francia; pocos años más tarde tendrían instituciones semejantes Alemania, Suecia, Rusia, Estados Unidos.

Gracias a ellas, Lavoisier (1789) desarrolló su trabajo pionero y propuso 33 elementos químicos; Berzelius (1828) reconocía 51

elementos; Mendeleev (1869) con 63 elaboró su tabla y dejó huecos para los aún no descubiertos; en 1905 se conocían 84 elementos; en 2019 se conocen 118, 94 naturales y 24 sintéticos.

Una de las primeras etapas de la ciencia es la clasificación. En biología, por ejemplo, Carlos Linneo logró un relativo éxito al clasificar a los seres vivos (1731) y muchas críticas por poner al hombre entre los primates y hablar del sexo de los vegetales. André-Marie Ampère, en 1816, siguió ese espíritu estructural y propuso clasificar los elementos en términos de sus semejanzas, como posteriormente lo hicieron Newlands, Dobereiner, Chancourtois, Meyer, Odling y Mendeleev, por mencionar algunos. El punto clave era definir cuáles eran las características fundamentales de los elementos y si eran elementos o no.

Recordemos que la definición de elemento de Boyle de que “una sustancia que puede ser descompuesta no es elemento” lo es por vía negativa, e.d. si se desarrollan nuevos instrumentos y procesos cabe la posibilidad de que una sustancia considerada elemento, no lo sea. En efecto, para Boyle el agua lo era, pero no para Lavoisier, ni para Mendeleev. ¿Qué le permitió a Mendeleev lograr lo que tantos habían intentado, esto es, ordenar los elementos químicos? ¿Fue el único en lograrlo? Como ya hemos sugerido, la evolución de los conceptos es compleja; no tiene una sola causa.

Añadamos que, hoy, el vigor de la propuesta de Mendeleev yace en su poder predictivo. En efecto, él pudo anticipar la existencia y las características del Sc, Ga y Ge; sin embargo, ninguno de los discursos de premiación al respecto hace mención de ello. En breve: en ese tiempo la validez de una teoría estaba en su poder estructural, en su capacidad de integrar principios unificadores, no (como hoy) en la predicción o utilidad del descubrimiento. Recordemos que el s.XIX logró unificar electricidad y magnetismo, calor y mecánica, óptica y electromagnetismo, espacio y el tiempo (1905). Repitamos: hoy, la validez de las teorías está en su poder predictivo y, por consiguiente, en su utilidad; en otros tiempos, en su capacidad de estructurar conceptos de fenómenos aparentemente distintos. ¿Cuál criterio es más creativo? es una pregunta que escapa a los objetivos de este artículo; así que regresemos a la tabla periódica.

William Prout, en 1815, empleó los pesos atómicos entonces disponibles para fundamentar la evolución de elementos químicos a partir de un protoelemento al que llamó “protón”; éste constituiría a toda la materia y habría entonces un criterio ordenador basado en números enteros. Su intuición fue rechazada por Mendeleev quien no aceptaba que hubiera relación entre los diversos átomos; no es aventurado afirmar que Prout anticipó la existencia del protón.

Suele pensarse que el desarrollo de las ideas y teorías se da en un universo ajeno al de la vida cotidiana, pero los instrumentos y fuentes de energía del s. XIX fueron decisivos para la elaboración de la química actual. Anotemos que los instrumentos materiales son extensiones de los sentidos del hombre y de su cuerpo: telescopio y microscopio de la vista; teléfono celular del habla y del oído; auto, de los pies, etcétera. Sin embargo, sólo la escritura permite extender la imaginación y la memoria entre personas y generaciones. De aquí la importancia de detenerse (abajo, sección 3) en el más asombroso instrumento del hombre: el lenguaje y sus variadas formas, entre ellas, la escritura, esto es, sobre qué se escribe, con qué se escribe, cómo se escribe.

### 3. Instrumentos materiales

La historia interroga al pasado para saber qué ocurre en el presente.

*Alfonso Reyes.*

Los lenguajes matemático y químico fueron fundamentales para el desarrollo de la teoría atómica y de la tabla periódica en el s. XIX. A semejanza del lenguaje cotidiano, hubo limitaciones materiales para su desarrollo. Recordemos, por ejemplo, que la escritura fenicia empleaba punzones triangulares para escribir rápidamente sobre arcilla; la velocidad de escritura estaba limitada por la de fraguado, por ello omitían las vocales. La escritura griega se hacía sobre tablillas de cera con finos estiletes, o sobre papiro con pinceles, lo que permitía hacer trazos curvos y finos, pues no había que apresurarse por el fraguado, y añadir los sonidos vocálicos. Anotemos que Grecia, hacia el 400 a.n.e. era un centro comercial donde confluían muchas lenguas y urgía una escritura precisa para los contratos; no bastaba escribir sólo las consonantes como hacían los fenicios.

Tenemos aquí una de las muchas raíces del pensamiento científico: la comunicación escrita, vocálica, e.d. precisa, concisa. Sin ésta, no se da la reflexión prolongada sobre el tema de estudio y, sobre todo, no se da la acumulación de conocimiento de una generación a la siguiente.

En la formación del pensamiento científico no podemos pasar por alto la influencia de la imprenta (1450) ni de la Reforma (1517). La imprenta llevó a la difusión y discusión de ideas escritas; la Reforma se rebeló ante los argumentos de autoridad, fueran de Roma o de la tradición, p.ej. la alquimia. Ésta, entonces vigente, no aportó conceptos teóricos a la química, pero sí instrumentos y materiales: alambiques, retortas, redomas, etc. Tales instrumentos eran de uso común en los laboratorios para tener sistemas cerrados y así controlar reactantes y productos; pero uno de los problemas para lograr el principio de conservación de la materia era el ataque de las sustancias cáusticas en los recipientes de vidrio.

Si bien la tecnología del vidrio tiene más de 3600 años se empleaba para fabricar objetos ornamentales, no de uso diario. En los siglos IX a XII esta tecnología fue mejorada por científicos persas y árabes interesados en alquimia y óptica. Pero fue en la Venecia del s. XVI que comenzó la elaboración de instrumentos científicos y en el s. XIX, el uso de silicato de sodio y borosilicato sirvieron para fabricar vidrios con resistencia al choque térmico y a sustancias químicas; éstos, por su baja dilatación térmica, se emplean en óptica y astronomía. Fueron indispensables para lograr una unión hermética entre el vidrio y los alambres conductores de electricidad de los tubos de descarga: tubos de Geissler, de Crookes, de rayos catódicos, de rayos X, etc. indispensables para la emisión de radiación y la identificación de sustancias. E indispensables (entre otros equipos) para la elaboración del concepto de número atómico por Moseley (1913). Con todo, hubo más instrumentos materiales que influyeron en la evolución de la teoría atómica y de la tabla periódica; presentaremos a continuación otros más.

Johann Heinrich Geissler era de una familia de artesanos de vidrio y él mismo era un hábil operario además de físico. Logró sellar alambres de platino en los extremos cerrados de un tubo con diferentes gases a muy baja presión. En sus experimentos fue asistido por el físico y matemático Julius Plücker (1801-1868) y

Johann Hittorf (1824-1914) quienes observaron, antes que Bunsen y Kirchoff, que cada gas producía líneas espectrales características. Con este dispositivo pudieron identificar sustancias; procedimiento indispensable para calificar a los nuevos elementos como tales.

Crookes (1895) empleó un dispositivo semejante al de Geissler pero con miles de voltios y baja presión (10 torr). Para ello contaba con la bobina de Heinrich Daniel Ruhmkoff y el generador eléctrico de 1,000 a 10,000 volts (1850), también usados en telegrafía; anotemos que fueron inventos simultáneos a los de Charles Grafton Page, Estados Unidos, y Antoine Masson, Francia. Nota curiosa: la “máquina de toques” actual se basa en el mismo principio: dos embobinados concéntricos entre sí y un núcleo de alambres de hierro dulce.

De los experimentos hechos en Magdeburgo por Otto von Guericke (1654) a las actuales bombas de vacío ha habido un enorme cambio debido a los materiales, al ingenio... y a los cambios conceptuales acerca del vacío. El mismo Descartes lo consideraba una imposibilidad, a pesar de los experimentos de Pascal, basados en el barómetro de Torricelli. Descartes, poco partidario de la existencia de vacío (y de Pascal) comentó: “El único lugar donde existe el vacío es en el cerebro de Pascal”. ¿Qué distingue al vacío de la nada? era una pregunta inquietante para los filósofos, pero no para los filósofos de la naturaleza (la palabra “científico” comenzó a usarse en 1833, inventada por William Whewell).

La bomba de vacío de Gaede emplea el mismo principio que el barómetro de Torricelli pero automatizado con un rotor de tres cámaras espirales y 26 kg de mercurio; la presentó en el Congreso de Merano (1905) con tanto éxito que recibió 60 solicitudes de compra, razón por la que comenzó a fabricarlas industrialmente. Gracias a ese equipo y las bajísimas presiones logradas (del orden de 10<sup>-9</sup> atm), pudo Moseley (1913) ordenar las líneas espectrales de diferentes elementos con números enteros característicos: el número atómico.

¿Habría logrado Moseley sus descubrimientos sin el vidrio, sin la bomba de vacío, sin la industria que las fabricaba, sin congresos, sin generadores eléctricos?

Los fenómenos eléctricos eran conocidos por los antiguos griegos, pero el descubrimiento accidental y perspicaz de la “electricidad galvánica” es más reciente (1780). Alessandro Volta lo aprovechó al apilar discos de cinc y cobre separados por fieltro empapado en ácido (1799); así logró la primera producción continua y controlada de electricidad. Napoleón Bonaparte lo premió en 1810 por ese dispositivo (indispensable para obtener y analizar nuevos elementos químicos). Gracias a las pilas eléctricas pudo, pocos años más tarde, descubrirse el fenómeno de inducción y la generación de electricidad a partir del movimiento. Y, con ello, el desarrollo de motores y generadores eléctricos que proveerían iluminación a las ciudades.

Con todo, a mediados del s. XIX las principales ciudades europeas tenían iluminación por gas; fue precisamente esta disponibilidad la que llevó a Bunsen, o más bien, a su ayudante, Peter Desaga (1855), a inventar el “mechero Bunsen”, indispensable para la naciente espectroscopía, esto es, para la identificación de elementos por sus líneas espectrales.

#### 4. Instrumentos intelectuales

Los límites de mi lenguaje son los de mi mundo.  
*Ludwig Wittgenstein.*

El álgebra, la aritmética, la notación decimal son recién llegados a la historia de la humanidad. Son sistemas de representaciones, e.d. lenguajes, indispensables para la actividad abstracta de las ciencias. El que se hayan constituido hace apenas unos 400 años revela la enorme complejidad y coincidencia de factores necesarios para su elaboración. Consideremos a continuación unos importantes hitos.

Por el año 200 un problema matemático como el siguiente: “Diez que multiplica a la incógnita más treinta es igual a once que multiplica a la incógnita sumado a quince”, debía resolverse usando única y exclusivamente palabras; no existía el lenguaje algebraico. El desarrollo de éste, en 1450, significó abreviaturas, ya no palabras completas, como vemos en la figura 2, donde la parte izquierda corresponde a la notación de esa época y la de la derecha a la notación actual.

$$\frac{2\text{c} \text{ et } 100 \text{ m } 20\text{c}}{10\text{c} \text{ m } 1\text{c}} - 25 = \frac{2x^3 + 100 - 20x}{10x - x^3} = 25$$

Figura 2. Álgebra sincopada (izquierda) y notación actual.

Es de notar que los símbolos empleados en el álgebra sincopada no empleaban exponentes; para  $x^3$  se empleaba un símbolo que en poco recordaba a la  $x$  y, por lo mismo, hacía muy laborioso y memorioso el trabajo del algebrista. Anotemos que el mismo problema (lenguaje complejo) tenían los antiguos griegos y romanos. Intente, lector, sumar los números romanos CXV + LIX, y constatará las ventajas de la notación decimal posicional. ¿Imagina en qué actividad comenzó a usarse el lenguaje posicional? No, no fue en contaduría, ni en ciencias: fue en la música, pero... regresemos a los exponentes. En éstos, el número “ $n$ ” no significa lo mismo antes de la literal, ni abajo de la línea, ni arriba de ésta, significa multiplicar “ $n$ ” veces el número por sí mismo. Fue hacia 1600 que se consolidó la notación algebraica actual con el concepto de exponente y, obvio, las leyes de los exponentes. Así como los instrumentos materiales llevan a otros, también ocurre con los intelectuales. Los logaritmos no son sino exponentes (con base definida) y simplifican enormemente los cálculos. John Napier, en 1614, presentó las primeras tablas de logaritmos empleadas en cálculos astronómicos, náuticos, topográficos, etc.

Cierto, el lenguaje matemático (como todos) emplea convenciones, pero las convenciones son imposibles sin acuerdos, y los acuerdos son imposibles sin comunicación. Y para la comunicación fueron indispensables los barcos y la navegación... lograda con ayuda de los logaritmos.

Uno de los primeros instrumentos sociales (ver sección 5) para el impulso del pensamiento científico fue la Royal Society, siendo clave para los acuerdos y convenciones del lenguaje científico.

“Sólo pensamos con auxilio de las palabras, las lenguas son verdaderos métodos analíticos.”

“El Álgebra, de todos los modos de enunciar es el más sencillo, más exacto y adelantado a su objeto, es al mismo tiempo una lengua y un método analítico, y el arte de discurrir se reduce a un lenguaje bien formado.”

Con estas palabras inició Lavoisier su “Tratado elemental de química” en 1789.

Quizás lo más original de Mendeleev fue haber violentado el racionalismo de Lavoisier; no usó un “lenguaje bien formado”, pues tuvo la audacia de dejar huecos en su tabla. Desde luego, usó el peso atómico como criterio de clasificación, concepto que se consolidó en 1860 con el congreso de Karlsruhe y del que hablaremos a continuación.

La confusión acerca del peso atómico comenzó con su misma proposición por Dalton en 1802; para 1848 era tal que el *Handbook of Chemistry de la Cavendish Society* ponía como sinónimos: peso atómico, peso de combinación, peso químico, equivalente químico, proporción de combinación, proporción equivalente, número equivalente, proporción estequiométrica y número estequiométrico.

Dalton representó los 36 elementos químicos conocidos en 1808 con símbolos semejantes a los alquímicos, ver figura 3. La notación de Dalton, a semejanza del álgebra sincopada, implicaba memorizar cada uno de los símbolos, pero tenía la ventaja de mostrar la composición de las sustancias y su estructura.

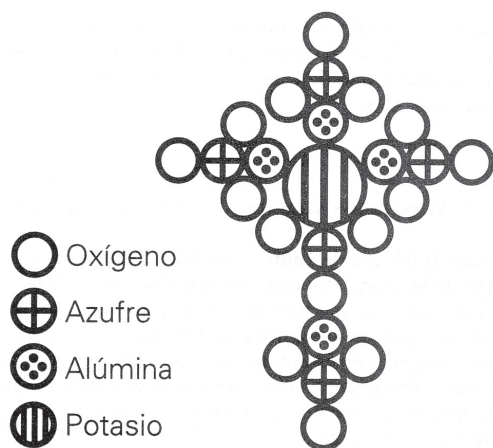


Figura 3. La notación de Dalton (línea superior) es cualitativa, cuantitativa y estructural. La figura de la derecha corresponde al “alumbre de potasio”.

Imaginemos las dificultades de que habría tenido Dalton por representar la lactoglobulina,  $C_{1864}H_{3012}O_{576}N_{468}S_{21}$ , y entenderemos la oposición de Humphry Davy, Michael Faraday y John Jakob Berzelius a esa simbología. Sin embargo, Dalton argüía que convenía usar símbolos pues muchos elementos químicos aún no tenían un nombre de aceptación general.

La otra importante contribución de Dalton fue proponer una propiedad mensurable para caracterizar a los elementos: el ya mencionado peso atómico. Por primera vez en la historia de la química las sustancias tenían una propiedad cuantitativa que permitía compararlos, ordenarlos.

En cuanto a los símbolos de Dalton, Berzelius (1813) eliminó los círculos (casi la mitad eran letras dentro de círculos) y añadió una letra minúscula para evitar confusiones, p.ej. entre Cl y Cr, y un subíndice para las fórmulas. Esta propuesta fue muy agradecida por los tipógrafos, pero... escondió la indispensable relación entre estructura y propiedades.

Hacia 1833 ya había unos 10 sistemas de notación química. La figura 4 ilustra algunos:

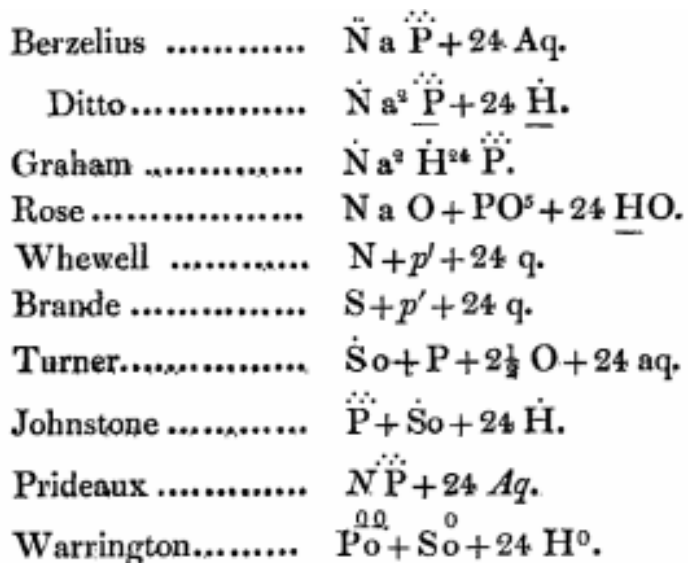


Figura 4. Diversos tipos de notaciones químicas. Phillips, R. (1833).

Aunque no lo parezca, eran avances pues las publicaciones científicas permitían compararlas, elegir las más adecuadas y constatar la necesidad de uniformarlas. Comparemos con la situación en 1701, cuando el *Lexikon de Sommerhoff*, tenía 14 símbolos distintos para el vinagre y 37 para el oro. Aún en 1833 había confusión en los símbolos, pero mayor era en los problemas de cómo definir los pesos atómicos y cómo medirlos. Las respuestas fueron propuestas por Estanislao Cannizzaro en el Congreso de Karlsruhe (1860) y la figura 5 las sintetiza.

La segunda columna de la figura 5 muestra las densidades de diferentes gases en condiciones normales; si es válida la hipótesis de Avogadro de que “volúmenes iguales de gases diferentes a iguales condiciones de presión y temperatura tienen números iguales de partículas”, entonces la conclusión es directa: 6.13 g de cloruro de fósforo tendrán el mismo número de partículas que 2.05 g de alcohol y que 0.090 g de hidrógeno. Sorprende que Henry Víctor Regnault tuviera una opinión poco favorable de Avogadro: “No es un científico teórico brillante. Y como experimentalista, es más bien descuidado”. Esa opinión no era gratuita; Avogadro intentó, sin fundamento, extender su hipótesis a líquidos y sólidos. Nota curiosa: La constante universal de los gases ideales se representa con una R en homenaje a Regnault.

Pero, regresemos a la figura 5. En la tercera columna (hidrógeno) encontramos que 0.090 g de hidrógeno están formados, como debía ser, por 0.090 g de hidrógeno y, por otro lado, que 1.63 g de cloruro de hidrógeno contienen 0.045 g de hidrógeno y 1.58 g de cloro; la suma de estas dos cifras es 1.625 g, y es por tanto verosímil que los únicos componentes del cloruro de hidrógeno sean esos

Nombre del gas	Densidad g/L C.N.	gramos de cada elemento en la sustancia							
		H	O	S	P	Cl	N	Hg	C
Hidrógeno	0.090	0.090							
Oxígeno	1.43		1.43						
Azufre (<1000°C)	8.59			8.59					
Azufre (>1000°C)	2.86			2.86					
Fósforo	5.53				5.53				
Cloro	3.16					3.16			
Nitrógeno	1.25						1.25		
Mercurio	8.96							8.96	
Agua	0.803	0.090	0.713						
Cloruro de hidrógeno	1.63	0.045				1.58			
Amoniaco	0.760	0.135					0.625		
Fosfina	1.52	0.135			1.38				
Sulfuro de hidrógeno	1.52	0.090		1.43					
Cianuro de hidrógeno	1.20	0.045					0.625		0.54
Cloruro de fósforo	6.13				1.38	4.74			
Calomel	10.54					1.58		8.96	
Sublimado corrosivo	12.12					3.16		8.96	
Óxido nitroso	1.96		0.713				1.25		
Óxido nítrico	1.34		0.713				0.625		
Óxido carbónico	1.25		0.713						0.54
Ácido carbónico	1.96		1.43						0.54
Óxido de azufre	2.86		1.43	1.43					
Etileno	1.25	0.180							1.07
Alcohol	2.05	0.270	0.71						1.07

Figura 5. Análisis de Cannizzaro.

dos elementos. El punto clave es que 0.045 g de hidrógeno implica la mitad de los átomos de hidrógeno que hay en 0.090 g de hidrógeno; y con eso aparecen nuevos problemas: ¿cómo es que dos átomos de hidrógeno se combinan entre sí? En ese tiempo la única explicación para las interacciones eran las cargas eléctricas, razón por la que era imposible que dos átomos de igual carga se enlazaran. Se resolvió el problema de los pesos atómicos, pero surgió vigoroso el problema del enlace químico con todo lo que implica: reacción química, reactividad, afinidad, valencia, equilibrio, estructura, configuración, conformación, velocidad de reacción, etcétera.

Con todo, la tabla de Cannizzaro permitió establecer los pesos atómicos relativos y tener una base segura para el ordenamiento de los elementos. Algo que, como se muestra en la figura 6, no fue simple.

## 5. Instrumentos sociales

Nadie está hecho de sí mismo.  
*Antonio Porchia.*

La química es, sin duda, la actividad más social de toda la sociedad. El químico depende de materiales, equipo, sustancias, técnicas, certificaciones, calibraciones, publicaciones, patrocinadores, objetivos, manuales, estándares, asociaciones, etcétera, que van más allá de su equipo inmediato de colaboradores. Lo anterior implica acuerdos y convenciones imposibles de lograr sin reuniones de intercambio directo de ideas, e.d. congresos.

El siglo XIX facilitó el intercambio y producción de ideas con los siguientes instrumentos materiales: telégrafo, tren, barcos de vapor, timbres de correo, acero, vidrios termoestables, baterías eléctricas, generadores eléctricos, motores, etc. de los que ya mencionamos algunos. El resultado más notable de esos avances fue la formación de universidades y asociaciones científicas, indispensables para definir símbolos, nombres, conceptos, procedimientos, patrones, magnitudes y unidades fundamentales, etcétera. Tampoco puede omitirse la función de las industrias que vincularon: capital, fuerza de trabajo, técnica, ciencia; ni la de un Estado vigilante de las patentes y derechos de autor. Sin la eficacia de las patentes, ingleses como Joule, Watt, Stevenson, etc. habrían abandonado sus investigaciones. En lo dicho está el logro de acuerdos sociales, indispensables tanto para la vitalidad de los grupos humanos como para la ciencia.

El primer intento por poner orden y llegar a un lenguaje común y a conceptos comunes en química fue el ya mencionado congreso mundial de Karlsruhe (1860). Nota curiosa: México fue representado en ese congreso por Louis Posselt, alemán dueño de boticas y estudioso del potencial minero. Muy diferente era el panorama en tiempos de Dalton; apenas 60 años antes, él hubo de publicar sus descubrimientos en una revista filosófica y literaria. Y más diferente es hoy: tenemos más de 8000 revistas de química; a principios del s. XIX eran unas decenas de personas las que estudiaban el comportamiento de la materia y sus reacciones, hoy hay más de 3,000,000 de profesionistas químicos en todo el mundo; las sustancias conocidas eran entonces unos centenares,

hoy hay más de 123,000,000 (cada día se añaden unas 12,000). Las instituciones, los instrumentos sociales fueron indispensables para el desarrollo y validación de los nuevos conceptos. Lo que nos lleva a la pregunta ¿el conocimiento químico asciende continuamente? ¿hay altibajos? Desde luego, los hay. A continuación, una breve lista de elementos químicos que no lo fueron:

- 1789 Calórico, Lavoisier
- 1790 Australium. J. Wedgwood
- 1799 Thermoxygen. L. Brugnatelli
- 1802 Silenium. J. L. Proust
- 1804 Klaprothium. J. F. John
- 1858 Junonium, vestium, neptunium, asteum, hebeium. J.F. Herschel.
- 1880 Cosmio, neocosmio. Bernard Hans Kosmann
- 1886 Protyle, G-alfa, G-beta, G-delta, G-eta. W. Crookes
- 1894 Bauxium. M. Bayer
- 1894 Anglium, scotium hibernium. W. Ramsay.
- 1898 Monium, victorium. W. Crookes
- 1898 Metaargon, W. Ramsay.
- 1903 Newtonium, coronium. D. Mendeleev
- 1904 Ether. D. Mendeleev.
- 1910 Prohidrogenium. N. Morozov.
- 1911 Pantogen. G. G. Hinrichs.
- 1912 Josephinium. T. Eastick.
- 1934 Ausonium, hesperium. E. Fermi.
- 1972 Zunzenium. T.W. Kow.
- 1997 Quebecium. P. Demers.
- 2004 Hawkingium. P.K. Anastosovski, Z = 145 ¡propiedades antigravitacionales!

Hoy tenemos 118 elementos químicos, y el total de elementos "fallidos" ha llegado a 150. La historia de la ciencia revela cuánto hay de social, de tentativo, de nacionalismo, de errores inevitables en la búsqueda de conocimiento y cuán engañosas son las prioridades ¿Meyer? ¿Odling? ¿Mendeleev? ¿Newlands? ¿Chancourtoise? ¿Newland? ¿Dobereiner? Todos pusieron su ladrillo en la construcción de la catedral del conocimiento; construcción en la que no faltaron obreros, artesanos, inversionistas, abogados, jueces, inventores, ayudantes, comerciantes, etcétera.

De los instrumentos sociales el menos estudiado y mencionado son las relaciones personales, importantes para la creación y difusión de las obras científicas, artísticas, tecnológicas. He aquí un ejemplo: A mediados del s. XIX el zar era autoridad religiosa, estaba obligado a encarcelar o deportar a quienes tuvieran más de una esposa. Mendeleev tenía dos, pero no fue encarcelado pues el mismísimo zar lo protegía: "Sí, Mendeleev tiene dos esposas; pero yo sólo tengo un Mendeleev". Se entiende, sus conocimientos de química, agricultura, tecnología y de la naciente

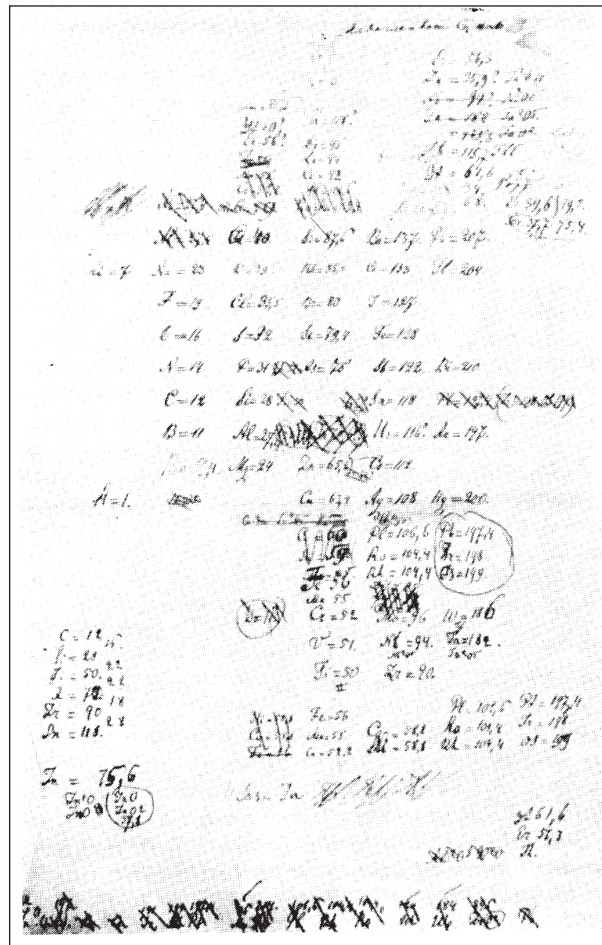


Figura 6. Borrador de Mendeleev de la tabla periódica.

industria petrolera eran indispensables para el zar. Pero no sólo la moral de Mendeleev tuvo contradicciones, también sus actitudes científicas: fue uno de los opositores del argón y de la hipótesis de William Prout (de que todos los elementos están formados de una sustancia original, 1815) de la cual afirmaba: "No mantengo ninguna hipótesis acerca de la naturaleza de la ley periódica. La ley [de Prout] es, en primer lugar, demasiado simple y, en segundo, es un tema aún poco estudiado en sus muchas variantes como para siquiera formular una hipótesis".

Anotemos que Ernest Rutherford (1917), al bombardear nitrógeno con partículas alfa, obtuvo un componente común a todos los elementos químicos: el protón (el protilo de Prout).

La idea de que los elementos químicos evolucionaron (propuesta por Prout) fue anterior a la de Darwin; sin embargo, Mendeleev consideraba que no había relación entre los diversos elementos químicos; su característica fundamental de ordenamiento fue el peso atómico y se entiende: faltaban unos 50 años para el descubrimiento del protón. Cierto, Mendeleev predijo correctamente la existencia y propiedades del galio, germanio y escandio. Pero también predijo la de 15 elementos más que nunca se hallaron. Para él las masas atómicas, como señalamos, eran números fraccionarios sin la restricción intuida por Prout y hallada por Moseley (1913): números enteros. Aunque, anotemos, el descubrimiento del protón ocurrió siete años más tarde (1920).

## 6. Conclusiones

El Arte y la Ciencia muestran la unidad suprema de la humanidad.  
*Romain Rolland.*

Hoy tenemos una gran diversidad de tablas periódicas, pero no tenemos la respuesta a cuál es la mejor. Su evolución muestra que los criterios han cambiado: de peso atómico a número atómico, de representaciones 2D a 3D; de propiedades fisicoquímicas a estructura electrónica. Y que algo permanece: el deseo por lograr estructuras generales definitivas; poder explicar el mayor número de fenómenos con el menor número de principios. Lo mismo que propone la mentalidad mágica. Mentalidad que también se muestra en los científicos: prioridad del descubrimiento, nacionalismo, premios y reconocimientos. Mentalidad que se muestra en los medios de difusión y enseñanza: los héroes que salvan de la ignorancia... Recordemos que las raíces de la ciencia están en el pensamiento crítico (e.d. lenguaje preciso, argumentación), en experimentos y debates rigurosos. Recordemos que la ciencia es recién llegada a la historia del hombre; es una creación colectiva que necesitó de grandes esfuerzos para oponerse y superar a las autoridades establecidas, entre ellas la autoridad de la tradición, de lo sensorial, de los prejuicios, de los hábitos, las autoridades de la moda y de las instituciones.

Suele decirse que la historia la escriben los vencedores; pero es un verdadero sinsentido. La historia no es algo escrito y definitivo, es una ciencia y continuamente halla nuevos datos y nuevas interpretaciones; es la misma historia de la ciencia la que revela que, en ocasiones los científicos (y los historiadores) están tendenciosamente asociados a los grupos de poder, p.ej. Lysenko y Stalin; o las instituciones, p.ej. IBM y Hitler.

Con todo, los medios de publicidad y las escuelas prefieren repetir la historia en términos de héroes y genios. La ciencia también tiene su "historia oficial" y repite el enfoque de héroes y genios, destinados a epopeyas intelectuales.

La historia, subversiva como toda ciencia, revela cuánto de los logros científicos resulta de errores, despistes, pifias, obsesiones, contactos, relaciones públicas, etc.; y cuánto es resultado de

trabajo colectivo, anónimo, del clima intelectual de la época, de la imaginación y pasión de los investigadores; cuánto es resultado de obsesiones nacionalistas, egocéntricas e intereses personales. Si registramos sólo los éxitos de los científicos damos una imagen distorsionada de su actividad; confundiremos magia con ciencia.

Los grandes cambios científicos, tecnológicos, sociales dependen del pensamiento crítico... y de las condiciones que lo permiten, de todos los instrumentos que lo permiten. La tabla periódica es una muestra.

## Bibliografía

1. Lavoisier, A.; *Tratado elemental de química*. UAM-Xochimilco: México, 1990; pp. 1-3.
2. Winderlich, R.; History of the Chemical Sign Language. *J. Chem. Ed. Feb.* 1953, 30, 2, pp. 58-62.
3. Meija, J.; Symbols of the Elements, Part II. *Chemistry International*, 2014, 36, 3, pp. 18-20. <https://doi.org/10.1515/ci.2014.36.3.18>
4. Phillips, F. R. S.; Observations on the use of chemical symbols. *Phil. Mag. Series 3*, 3, 18, 1833, pp. 443-445.
5. Córdova, J. L. *Evolución de los conceptos químicos hasta el siglo XIX*. CIICH, UNAM: México, 1999; pp. 166-176.
6. Kohut, Karl (ed.); *Alemania y el México independiente*. Editorial Herder: México, 2010; pp. 455-456.
7. Hablanian, M. H.; History of vacuum pumps. *J. Vac. Sci. Technol. A*. 1984, 2, 2, pp. 118-125.
8. Chamizo, J. A.; Filosofía de la química: Sobre el método y los modelos. *Educ. Quím.*, 2009, 20, 1, pp. 6-11.
9. Fontani M. et al.; *The Lost Elements*. Oxford University Press: U.S.A., 2015; pp. 483-492.
10. Brock, W. H.; *The Fontana History of Chemistry*. Harper Press: London, 1992; pp. 341-346.

# Concurso de Fotografía

"Commemorando el año internacional de la tabla periódica de los elementos químicos"

Consulta la Convocatoria  
[www.sqm.org.mx](http://www.sqm.org.mx)

