

Simbolismo Químico (continuación)

Desde la alquimia al siglo XIX

A finales del siglo XVIII, el panorama de la formulación y simbología química no podía ser más desolador.

Como las nuevas sustancias necesitaban nuevos símbolos, que a su vez coincidían con los correspondientes a los antiguos nombres de las mismas sustancias, el lío en la documentación química era indescriptible. Científicos del mismo país, y contemporáneos empleaban diferentes símbolos para una misma sustancia, así por ejemplo, el profesor sueco Tobern Bergman, en 1770, siguiendo a Geofroy, emplea un símbolo aplicado al flogisto, al creerlo derivado del azufre (fig.55), como el de este elemento completado con un círculo en cada vértice del triángulo. Sin embargo Scheele, en 1777 en principio lo consideró aire vitriólico con el símbolo complejo (fig.56), y lo esquematizó con la letra Φ .

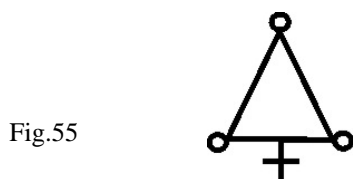


Fig.56

Las sustancias eran “bautizadas”, ya por su color, por su procedencia o por su descubridor. Por ejemplo, si un sólido era oscuro se le aplicaba el término etíope, así tenemos el etíope marcial que no era otra cosa que el actual óxido férrico; la interpretación del nombre, hacía referencia a un compuesto de hierro (marte) de color negro. Pero para el mismo compuesto también aparece otro nombre, por sus tintes rojizos: azafrán de marte²³ o zafre de marte, con su símbolo correspondiente (fig.57). También era muy conocido el azafrán de venus (óxido de cobre(II)), que tenía dos símbolos (fig.58 y 59)

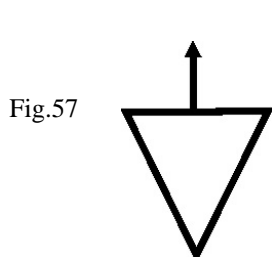


Fig.58

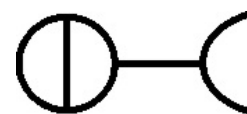


Fig.59

El vitriolo marcial también llamado vitriolo verde (fig.60), por el mismo hecho será el actual sulfato de hierro(II)²⁴, también el vitriolo azul (sulfato de cobre(II)) (fig.61 y 62) y el vitriolo blanco (sulfato de cinc) (fig.63 y 64), todos ellos con sus símbolos alquímicos. Como vemos por la simbología, predomina el aspecto metálico sobre el vitriólico, mientras que en otros se comparten.



Fig.60



Fig.61



Fig.62



Fig.63



Fig.64

Otros sulfatos con nombres curiosos se verán más tarde.

De la misma forma se conoce el etíope mineral que corresponderá al óxido de mercurio(II), que también toma el nombre de tierra foliada mercurial, por su estructura. Los compuestos que al ser calentados producían gases no respirables, eran mefitos²⁵ (los actuales carbonatos), así tenemos el mefito de magnesia (actual carbonato de magnesio), mefito arcilloso (carbonato de aluminio) etc.

²³ El término azafrán se aplica a los sólidos con color rojizo, como el azafrán. El óxido férrico que se empleó como pigmento colorante, aparece como *sadanu* en los escritos sumerios

²⁴ Ya en los escritos Rhazi (Liber Raxis, Lumen luminun, cuyo manuscrito está en la biblioteca nacional de París) (900 d.C), aparecen como atramento y atramento verde.

²⁵ Propuesto por Daniel Rutherford, descubridor del nitrógeno. Derivan de Mefitis, deidad itálica, protectora contra los vahos dañinos, muy abundantes en la zona por la actividad volcánica.

Algunos carbonatos, no fueron bautizados como mefitos sino que tenían nombres específicos como sal álcali fijo (carbonato sódico) (fig.65) y sal álcali volátil (carbonato amónico), también llamada “aceite de tártaro per deliquium”(fig.66), con símbolos característicos.

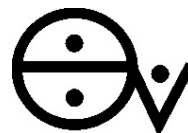


Fig.65



Fig.66

A comienzos del XVII, se conocía el gas silvestre²⁶, también llamado aire fijo y gas ventosum, porque se producía en los eructos, que no era otra cosa que el dióxido de carbono, que incluso se conoció como gas mefítico, diferenciándolo del gas pingüe, gas intestinal que era combustible.

Otras sales tenían nombres en función de su apariencia, como las “mantecas”, que no eran otra cosa que cloruros. Así, a mediados del siglo XVII, se conocía la manteca de arsénico (AsCl_3), la manteca de antimonio²⁷ (SbCl_3), sin embargo el actual cloruro de mercurio(II), era el sublimado corrosivo²⁸, el cloruro de mercurio(I), era sublimado dulce de mercurio, *mercurius dulcis*, o incluso *aquila alba*, mientras que el cloruro de plata, era *luna córnea*²⁹, por referencia a la plata³⁰ (fig.67). Sin embargo no es así cuando se describe el nitrato de plata como *lapis infernalis*³¹, por sus características cáusticas. Si un compuesto era volátil, sublimaba y luego cristalizaba, su nombre venía precedido del de flores, así se conocían las flores del azufre, las de antimonio, las de arsénico³², las de fósforo etc.

Algunas lo recibieron por el descubridor y el sitio en el que se descubrió, así por ejemplo se empleó mucho la sal de Epsom³³, también conocida como sal amarga purgante, que no era otra cosa que sulfato de magnesio, y la sal mirábil de Glauber³⁴, que corresponde al actual sulfato sódico. También Glauber dio nombre a la sal ammoniacum secretum de Glauber, que no era el sulfato amónico mientras que el cloruro de estaño era el licor fumante de Livabius. Sin embargo el sulfato potásico actual recibió diferentes nombres como tártaro vitriolado³⁵, sal de duobus, arcano duplicado, piedra de la pupila y sal policrística de Glaser³⁶, mientras que el de cinc era vitriolo de Goslard o vitriolo blanco, como se ha visto. El ácido bórico actual era la sal sedativa de Homberg³⁷ (fig.68).

Fig.67



Fig.68



Quizá la sustancia que más ha evolucionado en su nombre fue el nitro, cuyo nombre en forma de natron fue dado por los egipcios³⁸ a un residuo salino que quedaba en las rocas y en las piedras, cuando el agua dulce se desecaba. Con el tiempo sería el salitre, o sal de piedra, que sería traducido por sal peter. Geofroy, en el XVII, distinguirá el nitro de los antiguos (nitrato sódico), también llamado nitro de Chile, del nitro de los modernos (nitrato potásico).

²⁶ En aquella época se conocían como espíritus o aires, puesto que el término gas se empleó mas tarde, especialmente por los químicos ingleses. La primera referencia a esta sustancia se hace por Cosmas de la escuela de Alejandría, como “*aire sutil de los carbonos*”.

²⁷ Todavía se empleaba a principios del siglo XX, la manteca de antimonio, como cáustico.

²⁸ En los textos babilónicos aparece como *sal de amanu* (nombre que procedía de Egipto).

²⁹ Fue llamada así por Oswald Croll en 1608, siendo usada por los alquimistas para transmutar el plomo en plata.

³⁰ La plata también se la mencionó como Diana (por la diosa romana), así cuando se obtenía a partir de una disolución de piedra infernal con cobre, formando precipitados arborescentes, se le llamó árbol de Diana (Eck de Sulzbach, 1489).

³¹ Traducido del latín sería *piedra del infierno*, debido a que quema la piel, por eso se empleó para extirpar verrugas.

³² Las de arsénico (As_2O_3), también llamada “*nube de arsénico*” ya eran empleadas como depilatorio en Grecia.

³³ Fue obtenida por Nehemiah Grew, en 1695, del agua de un manantial en el pueblo de Epsom.

³⁴ Se la llamó así porque le había curado a Glauber de un tifus (mal de Hungría), bebiendo agua del manantial de Neustadt, cerca de Viena. Esta agua era conocida en el lugar como agua de salpeter.

³⁵ Los tártaros, eran depósitos (precipitados) que se producían en diferentes procesos químicos, inicialmente en la elaboración del vino, y se llamaron así porque el que los consumía padecía “dolores infernales” (tártaros = infierno en griego). Se dijo que producía gota.

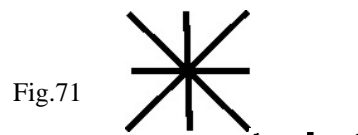
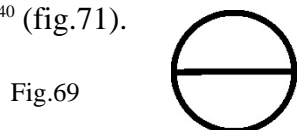
³⁶ Se empleó como medicamento antifebril, pero servía para todo, de ahí su nombre (policrística).

³⁷ La obtuvo Homberg en 1702, a partir del bórax término que procede de los escritos del árabe Geber como *baurag*, que a su vez lo hace del persa *burah*, blanco) que procedía de un mineral del Tíbet conocido como *pounxa* o *tinkal*.

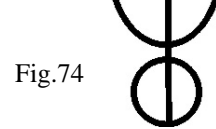
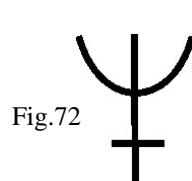
³⁸ Aparece en el pueblo sumerio como *ne*, después como *ntr*. El pueblo hebreo lo tradujo por *neter* (así aparece en el Éxodo), y de ahí pasó a nitro.

La antigua denominación como natrón y su relación con el sodio, dio lugar a que el símbolo actual de éste, lo recuerde.

Sólo dos sustancias han conservado su nombre durante los últimos 4000 años, la sal³⁹ (fig.69 y 70) y el amoniaco⁴⁰ (fig.71).



Con mas de dos mil años tenemos la cal(fig.72), el magnes(fig.73) y la magnesia(fig.74)⁴¹(conocidas por Plinio, siglo I dC), y con mas de quinientos años de antigüedad tenemos la sosa⁴² y la potasa⁴³, referida a los óxidos de sodio y potasio⁴⁴, actualmente hidróxidos.



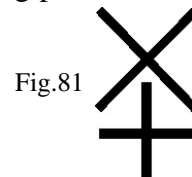
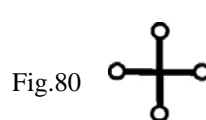
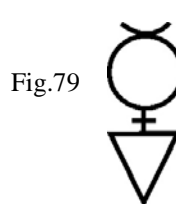
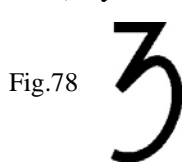
También determinados óxidos empleados como colorantes, fueron conocidos en la antigüedad (descritos por Plinio en su Historia Naturalis), como el litargirio (fig.75) con una simbología extraña, el minio, tetra-óxido de plomo, el spodos, lana filosófica, nihil album o tutia (óxido de cinc)⁴⁵ (fig.76), y ya en compuestos complejos, el alum (alam de los hebreos) o estriperia de los griegos (alumbre).



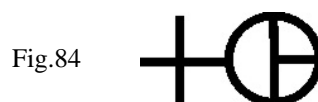
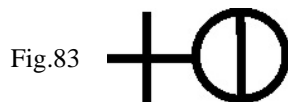
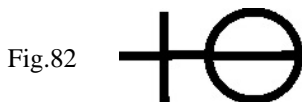
Fig.75

Fig.76

En el marco de los pigmentos eran conocidos los sulfuros de arsénico, el rejalgar (fig.77) y el oropimente que con su coloración amarilla servían para la transmutación en oro y como no, el cinabrio (kinnabari) sulfuro de mercurio (fig 78 - 81)⁴⁶ y el sulfuro de antimonio o stimmi de los egipcios⁴⁷.



Mas tarde el espíritu ácido se caracterizó por una cruz, y por lo tanto los ácidos derivados de sustancias conocidas tuvieron unos símbolos dobles, como en el caso del ácido de sal marina o ácido muriático (ácido clorhídrico) (fig.82), ácido del nitro (ácido nítrico) también llamado aqua prima(fig.83), ácido vitriólico o aceite de vitriolo o ácido universal (ácido sulfúrico)⁴⁸(fig.84).



³⁹ En las tablas sumerias, aparece la sal como *mun*, y la potasa como *te-gaz*, con el mismo significado que el término actual. Según Partington, el símbolo de la sal y otros antiguos proceden de la deformación de las letras griegas que forman su nombre.

⁴⁰ Recibe el nombre de un templo dedicado a Amon-Ra, a donde acudían peregrinaciones en grandes caravanas. Con los excrementos de los camellos que conducían se elaboró una especie de pegamento que fue el primer "amoniaco". Por su procedencia también fue llamado "espíritu de la orina". Realmente lo que se obtenía era la *sal amoniaco* (cloruro amónico), también llamado *salmiac* cuyo símbolo será antecedido por el de la sal marina. El último símbolo expuesto coincidirá con otro símbolo atribuido a la magnesia.

⁴¹ El *magnes* (piedra imán), nombre propuesto por Eurípides, fue llamado por error *magnesia nigra* (MnO₂), por extraerse ambas de minerales hallados cerca de la ciudad de Magnesia (actualmente Manissa) en Asia Menor. La magnesia nigra se denomina así para diferenciarla de la *magnesia alba* (MgO). Después se llamaría *braunstein* (piedra oscura) y *pirolusita*, porque se descomponía con el calor. Otros historiadores la derivan del griego **βῆ** (lavar), porque se empleó para limpiar el vidrio, de ahí su otro nombre "jabón de los vidrieros".

⁴² Deriva del árabe *sawnad*, aplicado a unas plantas marismas, que formaban residuos negruzcos. En principio la sosa fue carbonato sódico. La distinción entre el carbonato sódico y el potásico, fue hecha por primera vez por Abu Mansur Monafiq, en el siglo X d.C.

⁴³ El término potasa, deriva del alemán pott (olla), y asche (ceniza), que era donde se guardaban las cenizas de la planta kali, de donde se extraía.

⁴⁴ En principio la potasa fue carbonato potásico, denominado *borith* por el pueblo hebreo (la "lejía de Jeremías").

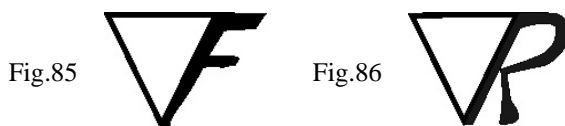
⁴⁵ El término *tutia*, según Partington, deriva del persa *dudha* (humo), porque se obtiene de los humos que se forman al tostar los minerales de cinc, con carbón.

⁴⁶ Todos estos compuestos ya fueron constatados por Plinio (siglo I d.C.), que confundió el minio con el kinnabari, en su historia natural. *Kinnabari*, será el nombre griego del cinabrio (sulfuro de mercurio). Los árabes lo llamaron *zanjifar*, derivado del mercurio que era *zaibaq* (ver el origen del nombre del mercurio, en la sección orígenes).

⁴⁷ Su nombre generará el símbolo del antimonio.

⁴⁸ Hasta en año 1670, no se conoció la relación entre el vitroleum y el azufre, por eso el símbolo de éste no aparecía.

Algunos ácidos se usaron sin conocer su composición y por eso no se asociaron los símbolos, así el agua fuerte (ácido nítrico) (Fig.85) y el agua regia (fig.86) que disolvía el oro, que contenían el símbolo del agua.

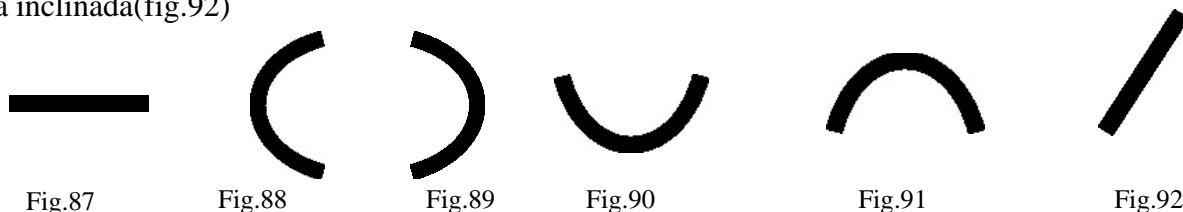


El record de nombres mas o menos peculiares, se daba a las combinaciones del vinagre (acetum), con distintas bases acidificables, así por ejemplo el actual acetato potásico se llegó a llamar por su aspecto o por su uso: tierra foliada de tártaro secretísima de Müller, arcano de tártaro de Basilio Valentin, magisterio purgativo de tártaro de Schroeder, tártaro regenerado de Tachenius y sal diurética de Sylvius.

Con el panorama descrito, no es de extrañar que a finales del siglo XVIII, los químicos franceses encabezados por Fourcroy, Lavoisier y Guyton de Mourveau, quisieran crear una nomenclatura sistemática basada en las combinaciones con el oxígeno. En este contexto, el Tratado Elemental de Química de Lavoisier marcó una época. Se definieron las convenciones de los nombres, según el estado de oxidación, el máximo con el sufijo ico, el mínimo oso (eux, en francés), y las sales respectivas atos e itos. La sales de no metales y metales, o sea las combinaciones no oxigenadas, uretos⁴⁹. Estos sufijos proporcionarán los nombres de los compuestos químicos que han perdurado en la nomenclatura denominada tradicional.

Sin embargo Lavoisier tomó como simbología de las sus contemporáneos y discípulos Adet y Hassenfratz, que fijaron en 1787, unos rasgos para elementos y compuestos característicos:

No metales: El nitrógeno una barra horizontal (fig.87), el carbono con un semicírculo vertical (en forma de C)(fig.88), el hidrógeno un semicírculo vertical como C invertida (fig.89), el azufre el semicírculo abierto hacia arriba (fig.90), el fósforo abierto hacia abajo (fig.91) y el nitrógeno una barra inclinada(fig.92)



Metales: un círculo con su inicial dentro: cobre (C) (fig.93), hierro (Fe) (fig.94), plomo (P) (fig.95), estaño(S), (fig.96) y antimonio (Sb) (fig.97) (se consideraba como un metal).



Ácidos: un cuadrado con su inicial dentro: acético (A) (fig.98), muriático (M) (fig.99), vitriólico (S) (fig.100).



Bases y óxidos (tierras o cales): un triángulo con su inicial dentro: barita (Ba) (fig.101), cal (C) (fig.102), magnesia(M) (fig.103), sosa (S) (fig.104) y potasa (P), (fig.105) sustancias simples no descomponibles como las consideraba Lavoisier.

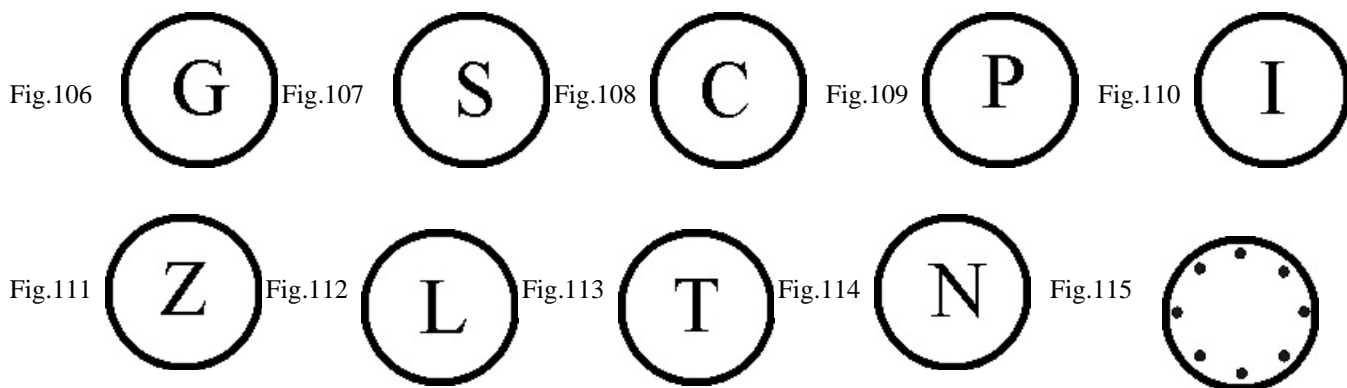


⁴⁹ Así se mantiene en portugués. Actualmente en francés es ure, en español e italiano uro y en inglés ure. El sufijo ico, en inglés, pierde la vocal final.

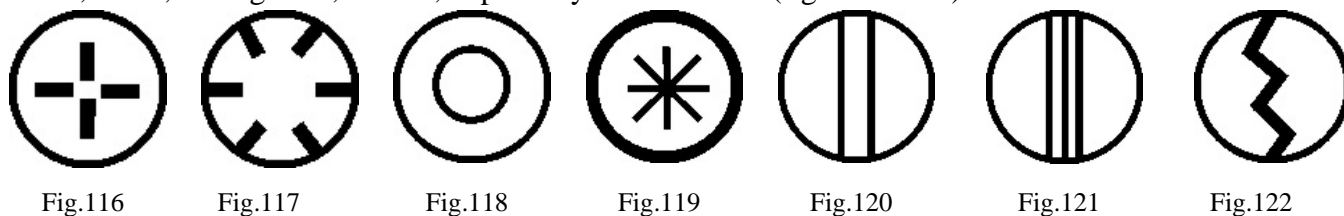
En 1803, el inglés Dalton, como complemento a su teoría atomística, introduce una notación simbólica nueva, precursora de la actual formulación estructural. La simbología de Dalton era muy sencilla, cada átomo de un elemento era un círculo con la inicial del nombre del elemento en inglés. Para algunos elementos específicos la simbología se modificaba, como veremos.

Elementos:

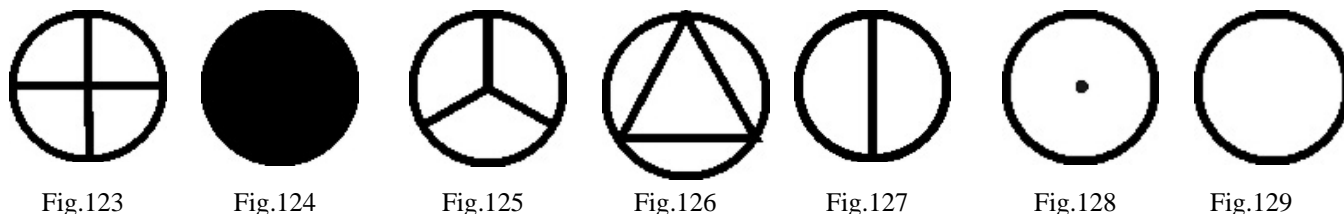
Metalicos: oro, plata, cobre, platino, hierro, cinc, plomo, estaño, níquel y mercurio (fig 106 a 115)



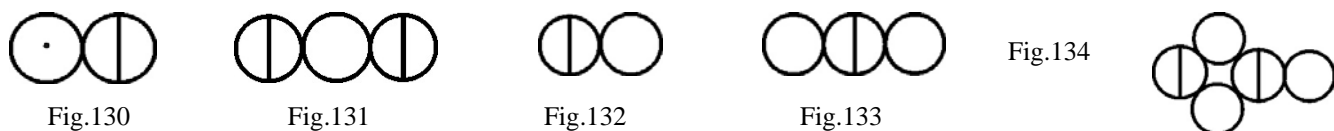
Una serie de sustancias puras no tenían el símbolo incorporado, sino un dibujo como en la alúmina, la barita, la cal, la magnesia, la sosa, la potasa y la circonita⁵⁰. (fig 116 a 122)



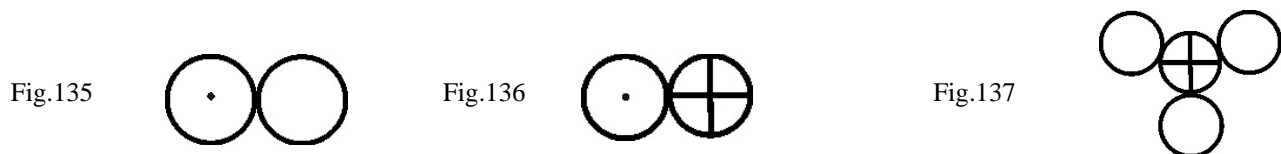
No metales : azufre, carbono, fósforo, silicio, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno (fig 123 a 129)



Todo ello le llevó a formular compuestos formados por átomos, introduciendo a principios del siglo XIX, la geometría molecular, aunque como es normal con notable imprecisión, ya que todavía no se conocía bien la composición de muchos compuestos. Así simbolizó el amoniaco, el óxido nitroso, gas nitroso (óxido nítrico), el “ácido nítrico”, actualmente dióxido de nitrógeno y el ácido nitroso (fig.130-134)



El agua⁵¹, el hidrógenosulfuro, el ácido sulfúrico también eran erróneos (fig 135 a 137)



⁵⁰ En aquel tiempo todavía no se había aislado los metales que las forman, y eran consideradas sustancias simples.

⁵¹ El agua se formulaba a principios del siglo XIX, como HO, debido a los errores introducidos por el concepto de peso equivalente. Fue Laurent el que en 1846, la formula como H₂O, aunque Berzelius lo anticipara.

Las reacciones de síntesis del agua y del óxido de mercurio(II), las formuló como indican las fig 138 y 139 respectivamente.

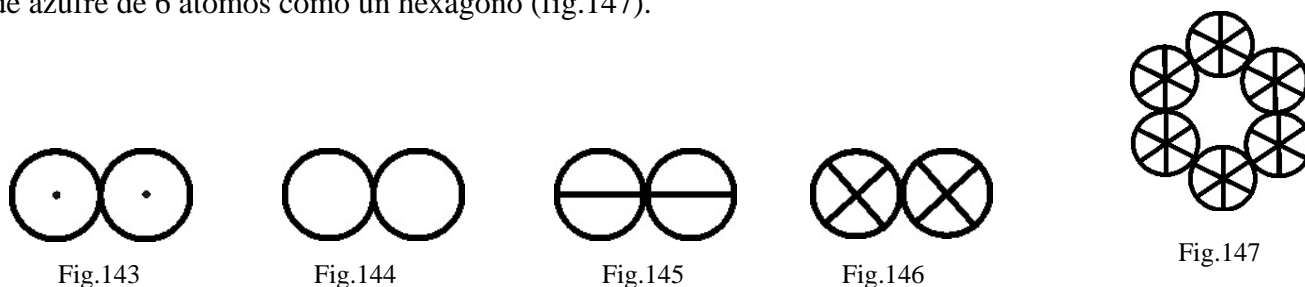


En 1810, en un estudio sobre arseniatos y fosfatos, Dalton introduce por primera vez los modelos espaciales en la formulación, empleando bolas y alfileres⁵².

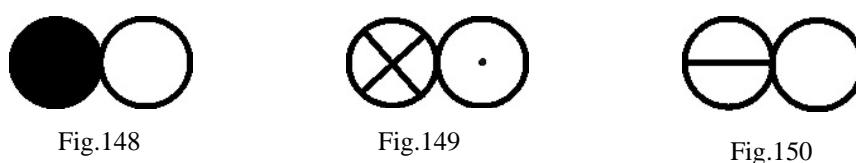
Basándose en esa simbología, en la enciclopedia nueva de Gaudin de 1836, pero cambiando algunos símbolos como los atribuidos al nitrógeno⁵³, azufre y cloro (fig.140 a 142).



aparecen fórmulas estructurales de diferentes compuestos. Sin embargo el hecho más interesante, es que surge el primer simbolismo de moléculas diatómicas, para representar al hidrógeno, al oxígeno, nitrógeno (fig 143 a 145) y a otros elementos gaseosos como el cloro⁵⁴ (fig 146), incluso una molécula de azufre de 6 átomos como un hexágono (fig.147).



También se simbolizan, otras moléculas diatómicas como las de CO, HCl⁵⁵ y NO (fig 148 a 150).



⁵² Según Schorlemmer (historiador químico de finales del XIX), Dalton había empleado bloques cuadrados de madera para representar los elementos químicos en las fórmulas (“*The rise and development of organic chemistry*”, London,1894).

⁵³ El tramo vertical en el círculo con Dalton, se convierte en horizontal con Gaudin.

⁵⁴ Gaudin, desarrolla gráficamente la teoría de Amedeo Avogadro de 1811, en la cual se postula que las unidades fundamentales de los gases, son las moléculas que estaban formadas por dos átomos o posiblemente un múltiplo de 2, en contra de lo que afirmaba Dalton. Aunque en muchos textos se le atribuye a Avogadro el concepto de molécula, el que realmente lo creó fue Gassendi que en 1630 tradujo el término griego *μικροσκοπία* que significa una masa pequeña no perceptible por los sentidos, por molécula derivada del latín mole (masa grande o peso grande), derivado de la raíz indoeuropea mo, hacer esfuerzo, de la que derivaría el término mol, propuesto por Ostwald, en el sentido contrario, esto es; de algo muy grande. Así se puede leer en Gassendi: “*Los átomos forman primero corpúsculos muy pequeños, pequeñas concreciones o moléculas las cuales posteriormente se agregan en cuerpos más grandes*”. Lo importante del trabajo de Gaudin, fue su carácter precursor, pues sólo en 1846, se aclararían las estructuras de átomos y moléculas diatómicas. Lo hace el francés Laurent: “*Cada molécula de un elemento puede dividirse al menos en dos partes que llamaremos átomos. Dichas moléculas pueden dividirse solo en el caso de combinaciones. Mi molécula representa la cantidad más pequeña de un cuerpo que debe usarse para realizar una combinación, una cantidad que se divide en dos en el acto de la combinación. De este modo el Cl puede formar parte de una combinación pero para ello ha de utilizarse Cl₂...*”.

⁵⁵ Ya se había descubierto que el gas muriático tenía H.

y triatómicas, como grupos lineales verticales, como el ácido carbónico, ácido sulfuroso, ácido nitroso, hidrógeno sulfurado⁵⁶, sulfuro de carbono y cloruro de azufre (fig 151 a 158).



Fig.151

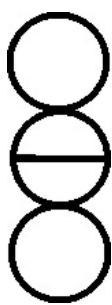


Fig.152



Fig.153



Fig.154



Fig.155



Fig.156



Fig.157

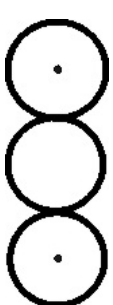
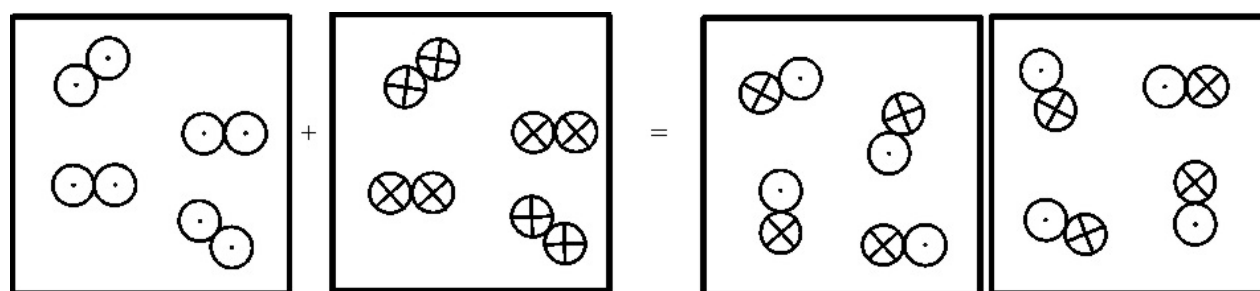


Fig.158

Gaudin será el primero en representar las reacciones de los gases con esquemas simbólicos, así la reacción entre el cloro y el hidrógeno, para formar ácido muriático la formuló así:



Entre ambos trabajos, surge la simbología de Berzelius, precursora de la actual.

El químico sueco Berzelius, en 1811, renueva la teoría dualística, que de otra manera se había iniciado en la alquimia, contraponiéndola a la base experimental que estaba surgiendo a través de la electroquímica impulsada por Davy⁵⁷. Todos los compuestos estaban formados por una parte positiva y otra negativa. Los ácidos (óxidos ácidos), por oxígeno y un radical, produciendo, sustancias electronegativas. Las bases (óxidos básicos), por un metal y oxígeno, dando lugar a sustancias electropositivas y las sales neutras por un óxido ácido y un óxido básico⁵⁸. Estas ideas se plasman en un nuevo sistema de simbolismo químico que desarrolla a partir de 1813. Primero sustituye las letras empleadas por Dalton en los símbolos, por las iniciales del nombre latino del elemento en cuestión⁵⁹. Siguiendo el principio dualístico las fórmulas se escribieron con el mecanismo de formación del compuesto, como en el caso del óxido de aluminio, el óxido de calcio y el óxido de carbono (fig.159-161)

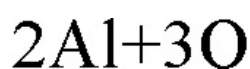


Fig.159

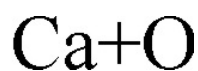


Fig.160

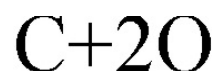


Fig.161

⁵⁶ El hidrógeno sulfurado, llamado *hidrógeno sulfureto* por Dalton (basándose en la nomenclatura de Lavoisier), fue llamado antes por Scheele, *gas hepático*, y también era conocido por *gas hediondo del azufre*.

⁵⁷ Ambos científicos se atacaban ferozmente en sus artículos, que rebatían continuamente. Aunque la influencia de Berzelius en aquel tiempo era muy grande, pronto la escuela electroquímica inglesa, continuada por Faraday y Daniell, le daría la razón a Davy.

⁵⁸ 150 años antes, Tachenius en el *Hippocrates chemicus* (Venecia 1666), explica: “*todo lo que es sal se descompone en dos sustancias: un álcali y un ácido, así la sal amoniac se forma con espíritu de la sal semejante al obtenido de la sal común y álcali volátil idéntico al que se extrae de la orina*”. O sea que ya justificaba la neutralización y la hidrólisis.

⁵⁹ No todos los símbolos coinciden con los actuales, así Berzelius solía representar el potasio como Ka, derivado del kalium, mientras que el símbolo del fósforo era P y Ph (del original latino), el del cloro era Ch y no Cl, el del flúor, Fl y el del boro; Bo.

Sin embargo después, algunos elementos fueron sustituidos por signos gráficos, así cada O, combinado con otro elemento (óxidos y ácidos), se representaba con un punto encima del elemento. (fig 162)

Fig.162

Berzelius	
ácido sulfúrico	$S+3O = \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{S}}$
sosa	$Na+O = \overset{\cdot}{Na}$
sulfato de sosa	$NaO+SO_3 = \overset{\cdot}{Na} \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{S}}$

Otros elementos como el azufre (sulfuros), por una tilde aguda; el selenio una raya horizontal y el telurio un signo mas. Así tenemos los siguientes compuestos: óxido de calcio, sulfuro de cinc, seleniuro de mercurio, telururo de cobre (fig. 163-166)



Fig.163



Fig.164



Fig.165



Fig.166

De esa forma algunos compuestos más complejos como el actual permanganato tendría la siguiente fórmula de Berzelius (fig. 167):



Fig.167



Fig.168

La necesidad de duplicar átomos diferentes de los simbolizados esquemáticamente, dio lugar a la introducción de una raya horizontal a un tercio de la altura del símbolo del elemento⁶⁰. Este hecho motivó graves problemas tipográficos porque la dichosa raya podía modificar el propio símbolo, así el camaleón vegetal⁶¹ (manganato potásico, K_2MnO_4), se representaba como indica la fig. 168.

Por este motivo la raya horizontal que significaba la duplicidad atómica se situó debajo. Después retiró el punto en el simbolismo del oxígeno que pasó a ser su inicial. Así la fórmula del agua según Berzelius evolucionó de un modelo al otro (fig. 169-170).

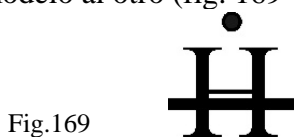


Fig.169



Fig.170

La vuelta a todos los símbolos con sus iniciales, y los problemas tipográficos de las rayas, dio lugar a la necesidad de representar los átomos de oxígeno, introduciendo los números de relaciones atómicas, como superíndices, y así aparecen en muchos libros de textos de todo el siglo XIX. Sin embargo, Liebig y Poggendorf, convencieron en 1834 a Berzelius que bajara los superíndices a subíndices, con lo cual se creó la simbología actual, aunque en las reproducciones y textos españoles continuaron los superíndices durante muchos años.

⁶⁰ Esta modificación de Berzelius, provocaría una enorme confusión en la formulación química del siglo XIX, ya que cada científico la interpretó a su manera, y lo que se originó como un mecanismo de duplicidad, pasó a ser un sistema de formulación simbólica, que se verá mas tarde, al que se acogerán diferentes escuelas científicas. Así surgirá la formulación de dos volúmenes y la formulación de cuatro volúmenes caracterizada precisamente por la barra debajo, basada en pesos atómicos mitad de los actuales, característico de los químicos orgánicos alemanes. Representará "la cantidad de sustancia que ocupa en estado gaseoso el mismo volumen que cuatro volúmenes de hidrógeno".

⁶¹ A mediados del siglo XVIII, lo llamó así el químico y ceramista berlinés Pott, a la sustancia verdosa, obtenida de la *pirolusita*, por los diferentes colores que tomaban sus disoluciones acuosas.

La evolución de formulación simbólica de Berzelius es como se expone en el cuadro:

Berzelius 1813		→	Liebig 1834	
Cu+O	C \ddot{u}			CuO
C+2O	C $\ddot{\ddot{c}}$		CO ²	CO ₂
2H+O	H $\dot{\ddot{h}}$		H ² O	H ₂ O
2Al+3O	Ä $\ddot{\ddot{i}}$		Al ² O ³	Al ₂ O ₃
K+Mn+4O	KM $\ddot{\ddot{n}}$		KMnO ⁴	KMnO ₄

Sin embargo aunque precursora de la actual, debido a los diferentes resultados experimentales obtenidos (pesos atómicos, equivalentes químicos, etc), se modificó mucho a lo largo del tiempo, por ejemplo, el óxido de plata, la sosa y la potasa, no se formularon en 1824, como ahora las conocemos, sino, como se indica en la tabla.

Berzelius 1814		1824	actual
AgO ²	AgO		Ag ₂ O
KO ²	KO		KOH
NaO ²	NaO		NaOH

Berzelius había conocido y estudiado dos ácidos del fósforo⁶², a uno lo llamó fosfórico y al otro metafosfórico, que quiere decir el otro ácido del fósforo (meta quiere decir el otro). En Inglaterra también estaba extendida la nomenclatura de Berzelius, así Graham, en 1830, publica las fórmulas de los ácidos del fósforo: fosfórico, pirofosfórico⁶³ y metafosfórico, que evolucionarían tal como se indica en el cuadro⁶⁴

Graham 1837			actual	
H ³ P $\ddot{\ddot{p}}$	3H \ddot{O} +P \ddot{O} ₅	ácido fosfórico	3H ₂ O.P ₂ O ₅	H ₃ PO ₄
H ² P $\ddot{\ddot{p}}$	2H \ddot{O} +P \ddot{O} ₅	ácido pirofosfórico	2H ₂ O.P ₂ O ₅	H ₄ P ₂ O ₇
H P $\ddot{\ddot{p}}$	H \ddot{O} +P \ddot{O} ₅	ácido metafosfórico	H ₂ O.P ₂ O ₅	HPO ₃

Igualmente, las sales de sosa de los ácidos fosfórico y metafosfórico tendrían esta fórmula, siguiendo la nomenclatura inicial de Berzelius.

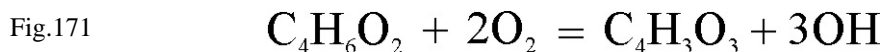
NaH P $\ddot{\ddot{p}}$	fosfato de sosa
Na P $\ddot{\ddot{p}}$	metafosfato de sosa

⁶² Los ácidos del fósforo se extraían de la orina y de los huesos, por eso eran conocidos desde hace mucho tiempo. Parece ser que Boyle los conoció ("New Experiments and Observations made upon the Icy Noctiluca", 1681-2), aunque el ácido fosfórico está atestiguado por Scheele, al tratar huesos con ácido nítrico, en 1774, aunque antes en colaboración con Gahn, se había extraído de las cenizas de los huesos (1770).

⁶³ El pirofosfórico, se obtiene del fosfórico normal calentando, por eso se le denominó con el prefijo griego pyros (fuego). Es completamente absurdo asociar los prefijos meta, piro y orto (normal), a 1, 2 y 3 por 1, 2 y 3 moléculas de agua.

⁶⁴ La raya debajo del elemento indicaba en aquella época, la duplicidad del átomo anterior, debido a la aplicación de los equivalentes con valores diferentes.

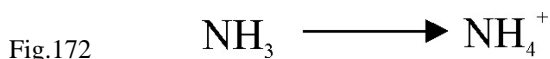
En 1846, Graham, formulaba e interpretaba la reacciones de oxidación del alcohol etílico para formar ácido acético y agua, tal como muestra la fig 171



Paralelamente a los trabajos de Graham, los trabajos de Daniell, continuador junto con Faraday de la escuela electroquímica de Davy, en la Royal Society, contraponen la formulación de Berzelius, con los resultados obtenidos a través de la descomposición electrolítica, proponiendo a partir de 1840, una modificación de la estructura de las sales neutras que en su día había formulado y considerado Berzelius, como la cópula de un óxido ácido con otro básico, tal como indica el cuadro, sustituyéndolas por la unión de un anión y un catión metálico.

Berzelius fórmula química	→	Daniell fórmula electrolítica
(S+3O) + (Na+O)	sulfato de sosa	(S+4O) + Na
(S+3O) + (Ka+O)	sulfato de potasa	(S+4O) + Ka
(N+5O)+ (Ka+O)	nitrate de potasa	(N+6O)+ Ka
(P+2½O)+ (Na+O)	fosfato de sosa	(P+3½O)+ Na
(S+3O)+(Cu+O)	sulfato de cobre	(S+4O)+Cu

Así mismo, encuentra que el amoníaco en las sales aparece como ion amonio con carga positiva (fig.172)



Los libros empleados por los estudiantes de medicina y ciencias, en España, durante 1850 y 1900, han empleado el sistema de cópula de Berzelius, con una coma de separación entre las sustancias copuladas, así por ejemplo:

sustancia	fórmula	sustancia	fórmula	sustancia	fórmula	sustancia	fórmula
Sulfato de amoníaco	SO ³ ,NH ³ ,HO	Sulfato potásico	SO ³ ,KO	Sulfato plúmbico	SO ³ ,PbO	Sulfato férrico	3(SO ³),Fe ² O ³
Fosfato sódico	PhO ⁵ ,2NaO,HO	Fosfato básico de calcio	PhO ⁵ ,3CaO	Fosfato cobáltico	PhO ⁵ ,CoO	Fosfato neutro de calcio	PhO ⁵ ,2CaO,HO
Hipoclorito sódico	ClO,NaO	Hipoclorito cálcico	ClO,CaO	Ácido perclórico	ClO ⁷	Ácido hipoclorítico	ClO ⁴
Carbonato magnésico	CO ² ,MgO	Carbonato plúmbico	CO ² ,PbO	Carbonato potásico	CO ² ,KO	Bicarbonato sódico	2(CO ²),NaO
Cloruro aluminico	Cl ³ Al ²	Fluoruro de silicio	Fl ³ Si	Cloruro barítico	ClBa	Fluoruro cálcico	FlCa
Nitrato potásico	NO ⁵ ,KO	Nitrato plúmbico	NO ⁵ ,PbO	Nitrato barítico	NO ⁵ ,BaO	Nitrato de amoníaco	NO ⁵ ,NH ³ ,HO
Hidrógeno bicarbonado	C ⁴ H ⁴	Ácido metafosfórico	PhO ⁵ ,HO	Ácido fosfórico	PhO ⁵ ,3HO	Ácido pirofosfórico	PhO ⁵ ,2HO

Como se puede comprobar, la formulación en 1846, no se parece en nada a la actual, especialmente en los compuestos orgánicos como se verá.

A partir de mediados del siglo XIX, la simbología química, y la formulación de los diferentes compuestos, se desarrollará de la mano de los químicos orgánicos, considerándose la química inorgánica, como una extensión del propio sistema de formulación orgánica, por lo que se estudiará dentro de este contexto.