

HISTORIA DE



LAS CIENCIAS Y ENSEÑANZA

LA EVOLUCION DE LA REPRESENTACION SIMBOLICA DE LOS CONOCIMIENTOS QUIMICOS

LOPEZ CANCIO, J.A.

Dpto. de Química Fundamental.

ETS de Ing. Industriales. U.P. de Las Palmas

SUMMARY

The symbols are primarily a creation of human unconscious, and even now they belong to our cerebral background. The concrete symbols have served to represent the changing mentality about the chemical knowledge. There is a repeated use of determined geometrical figures, especially triangles and circles. This article reviews the development of chemical symbolism, its changing role, from the ancient civilization to the modern notational systems.

INTRODUCCION

Mucho antes de que el hombre sepa expresar sus pensamientos sobre el cosmos que le rodea en forma escrita, antes de que el ser humano haya aprendido a comunicarse con sus semejantes con un lenguaje regla-

do, después incluso de haber realizado ambas conquistas culturales, y a lo largo de la historia hasta llegar al momento presente, el hombre ha utilizado como medio de aprendizaje y comunicación el símbolo.

Desde las edades más arcaicas el hombre presenta un comportamiento mágico-religioso, que revela una toma de conciencia con respecto al cosmos que le rodea y a sí mismo. El hombre crea una «metafísica» si bien expresada con símbolos antes que con conceptos. Para acercarse a la comprensión de las fuerzas mágicas de la naturaleza, surge en el hombre primitivo, de forma inconsciente, una estructura que tiene por misión facilitarle el conocimiento de las fuerzas mágicas que le rodean. Esta estructura es el símbolo.

El conocimiento a través de símbolos, bien en forma pura o más o menos modificados, no ha dejado de pertenecer como hemos adelantado al sistema de adquisición de conocimientos de los humanos, como ha sido constatado en las tribus que actualmente se encuentran en estados primitivos de desarrollo.

Con el paso del tiempo, al adquirir el hombre nuevos modos conscientes de comunicación y conocimiento, habla y escritura principalmente, el sistema de símbolos no desaparece sino que se superpone con el resto de las nuevas estructuras de conocimiento, y surge con más o menos fuerza en ocasiones. Así cuando se permite que el inconsciente entre en acción como es el caso de los sueños, los símbolos hacen su presencia, si bien es cierto que su significado nos es difícil de comprender acostumbrados como estamos al razonamiento consciente.

PROCESO DE CREACION DEL SIMBOLO. TIPOS DE SIMBOLOS

Para el hombre primitivo toda fuerza mágica es un ser homogéneo que puede manifestarse en distintas formas, a menudo contrarias. Así la tormenta se manifiesta como agua y fuego, la sexualidad como masculino y femenino, etc.

Lo normal es que la fuerza se manifieste de un modo u otro. Pero conocer las distintas manifestaciones de una fuerza mágica no es penetrar su naturaleza, conocerla, de la misma forma que conocer los distintos efectos del calor sobre los cuerpos no es saber lo que es el calor. El conocimiento de las fuerzas mágicas se logra precisamente con el símbolo. El símbolo es el instrumento que canaliza el flujo de las fuerzas mágicas y permite al hombre participar de su esencia. Ahora bien, esta aprehensión de la realidad de la fuerza no puede ser realizada en forma consciente, es preciso recurrir al culto; durante la ceremonia del culto se puede llegar al conocimiento de la naturaleza real de una fuerza mágica. Este es el símbolo en toda su pureza, al que llamaremos «natural» o «puro», y queda claro que se trata de un fenómeno complejo.

El símbolo es un fenómeno total, de integración del hombre con el cosmos, y no puramente «espiritual» en el sentido actual de este término, pues en el pensamiento arcaico lo «espiritual» y lo «material» son dos planos complementarios.

Símbolo puro es «la máscara que canta y danza» que es probablemente el símbolo más antiguo. La máscara que canta y danza puede servir de asiento mágico a la fuerza no desintegrada todavía. Expresa un canal para que la fuerza pueda actuar. Otro símbolo natural es el movimiento circular o en espiral, ambos abarcan el ciclo completo de una fuerza en movimiento con todos sus grados de elevación y profundidad.

En el primer símbolo mencionado «la máscara que canta y danza» aparecen dos de las características que se consideran esenciales al símbolo primitivo: el movimiento y el sonido. En el caso del «movimiento circular» o «movimiento espiral» solo aparece una de ellas: el movimiento, que representa el momento en que actúa la fuerza.

Un tercer símbolo es «el tambor». Representa el árbol que une el cielo con los infiernos y está fabricado de su madera. Está dotado de sonido y movimiento.

Otro símbolo puro es «el hombre cantando y danzando». Mediante este símbolo puede establecerse una unión entre un ser vivo y otro muerto. En el momento de la danza, que es pantomima imitativa de la fuerza actuante, el ser vivo establece un puente con el difunto; de esta unión surge la aparente contradicción: el difunto cantante o el cadáver viviente.

Con el desarrollo de los conocimientos conscientes, el aprendizaje simbólico deja de tener un papel principal, y los objetos materiales y concretos utilizados en la ceremonia simbólica, quedan como símbolos «culturales» de ciertas realidades superiores o no, perdiendo parte de su fuerza originaria. Ello no obstante, el sistema simbólico se resiste tenazmente a desaparecer y trata de recuperar sus esencias originarias. Así podemos observar que junto a los avances «materialistas» de las distintas culturas, que tienden a simplificar y en un estadio más avanzado codificar el símbolo para convertirlo en un signo de significación única e inmodificable, se producen reacciones «espiritualistas» que tratan de devolver al símbolo sus propiedades más características.

Por medio de símbolos culturales se han representado: principios, creencias, sentimientos, fenómenos atmosféricos, estados de ánimo, sustancias materiales, etc.

Como símbolos culturales se han usado objetos naturales: piedras sin pulir, conchas; objetos contruidos: la piedra negra «Kaaba» de la Meca, la cruz; figuras de animales y seres humanos: las representadas en las pinturas prehistóricas, el caracol, el perro; figuras geométricas: círculos, cuadrados; sonidos: llanto, risa; y un largo etcétera de cada clase.

En la evolución de la representación de los conocimientos químicos se puede observar la presencia de dos constantes: las figuras geométricas, especialmente círculos y triángulos; y la superposición de las tendencias «materialista» y «espiritualista». Probablemente la conjun-

ción de ambas características ha contribuido a que la ciencia química haya sido considerada por muchas personas, y lo sea incluso en nuestro tiempo, como un conjunto de saberes esotéricos.

En lo que respecta al origen de la palabra SIMBOLO lo tiene en una pieza metálica EL SIMBOLOM que se podía separar en dos mitades, una de ellas se entregaba al viajero cuando abandonaba la casa que le había cobijado un tiempo, la otra mitad quedaba en casa del hospedante y servía como señal de unión perpetua entre ambos así como entre sus sucesores.

REPRESENTACIONES MAS ANTIGUAS

Los pueblos de cuyas culturas tenemos algún conocimiento: sumerios, asirios, egipcios, mayas, aztecas, chinos, etc., usaron el simbolismo, y de ello quisieron dejarnos constancia en las torres, zigurats, sumerios o las pirámides egipcias o mayas.

Los asirios utilizaban en relación con el mismo tema dos tipos de representación. Así se han encontrado recetas para fabricar materiales vidriados, unas deliberadamente confusas que utilizan signos cuneiformes con sus significados menos usuales, otras claras y de fácil comprensión.

Entre los egipcios se usaba la escritura jeroglífica, sólo apta para iniciados, para representar las cosas menos comunes, y símbolos culturales para las más universales. En la Fig. 1 podemos observar la representación del agua y el alumbre.

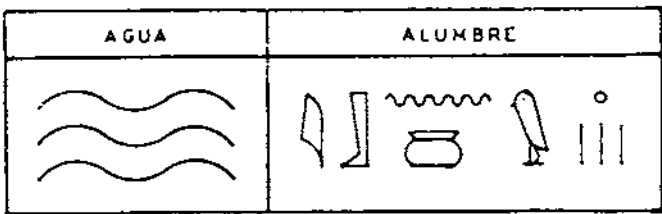


Fig. 1 Simbolos egipcios para agua y alumbre.

En el desarrollo de la civilización griega se dan dos escuelas de pensamiento. La materialista, surgida en Jonia y que viene a representar el primer intento conocido de brindarnos una descripción del universo sin recurrir a fuerzas superiores; y la espiritualista, seguidora de la mejor tradición y cultivadora de conceptos que han permanecido hasta nuestro días.

Los representantes más destacados de la primera escuela, los llamados filósofos-científicos o filósofos-atéos, son: Tales, Anaximandro, Empedocles, Leucipo y Demócrito. Tales es el creador de la primera teoría química; con base en una vieja idea mitológica babilónica, crea el elemento —el agua—, sustancia básica del universo y que está formado por átomos. Esta idea es ampliada y completada por Empedocles, para quien los elementos son cuatro: agua, tierra, aire y fuego. Leucipo y Demócrito terminan la teoría atómica estable-

ciendo que además de los átomos existe el vacío, que se sitúa entre ellos y en el que se mueven; estos átomos tienen formas y tamaños definidos, los de fuego son esféricos y no se mezclan con los de los otros, los de los tres elementos restantes tienen distintas formas geométricas y pueden enlazarse, engancharse más propiamente, originando las sustancias visibles.

Un reflejo del desarrollo materialista, en lo que a los conocimientos químicos se refiere, son las listas de símbolos para sustancias químicas y palabras técnicas. Un ejemplo de ellas lo tenemos en el Código de Marcianus del siglo I a.d.C. en el que las mismas son representadas por las primeras letras de su nombre griego o por un símbolo de más remoto origen en algunos casos, Fig. 2.

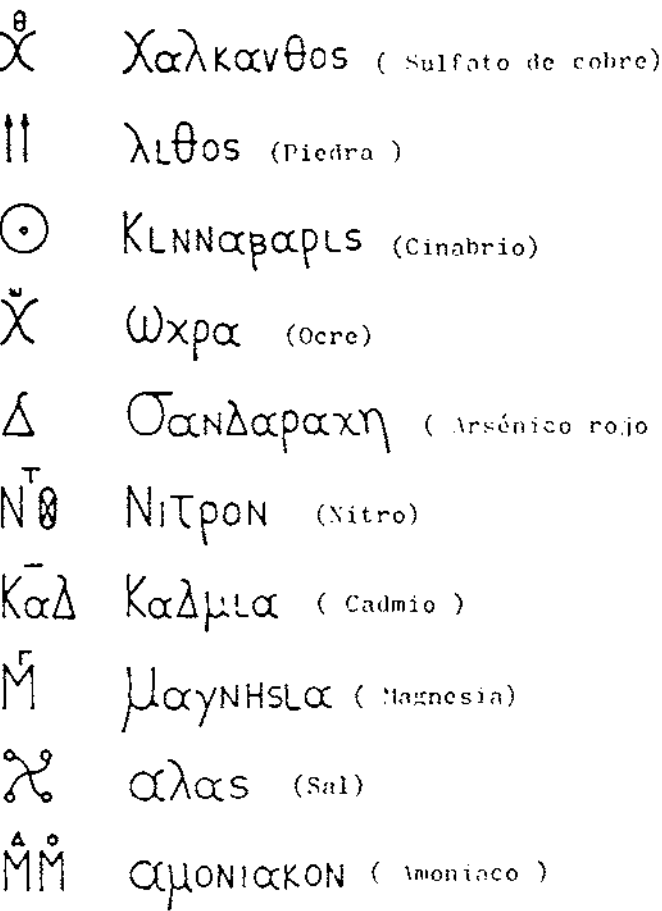


Fig. 2 Algunas representaciones del Código de Marcianus.

La escuela «espiritualista» está representada por Pitágoras quien diviniza los astros sustrayéndolos de la naturaleza y reincorporándolos, de acuerdo con las antiguas creencias, a la teología. Su especie de hermandad secreta se dedica principalmente al estudio de los números, que curiosamente representa como triangulares, cuadrados o pentagonales. En la Fig. 3 podemos observar estos números junto al emblema de su escuela, precisamente el triángulo equilátero con los diez

puntos inscritos. Se desarrolla la idea de que la unión de contrarios puede producir armonía, lo que indudablemente tiene reminiscencias simbólicas puras. Heráclito es otro de los seguidores de esta escuela, y para él se debía enseñar la doctrina sin divulgarla y sin ocultarla.

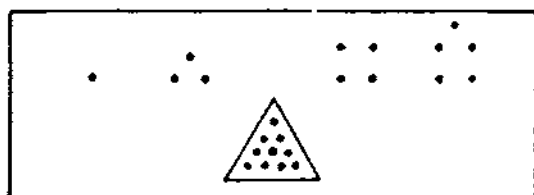


Fig. 3 Representaciones geométricas de los números 1, 3, 4 y 5 por los pitagóricos, junto al emblema de la escuela.

El máximo representante es Sócrates y sus discípulos Platón y Aristóteles. A pesar de sus diferencias con la escuela materialista Platón acepta la teoría de los cuatro elementos de Empedocles, pero atribuyéndoles formas geométricas limitadas por caras plano paralelas triangulares o cuadradas, con la particularidad de poderse convertir unos en otros, Fig. 4. Aristóteles añade un nuevo elemento «la quintaesencia» o «el éter» componente de los cuerpos celestes, limitado por caras pentagonales y curiosamente dotado de movimiento circular.

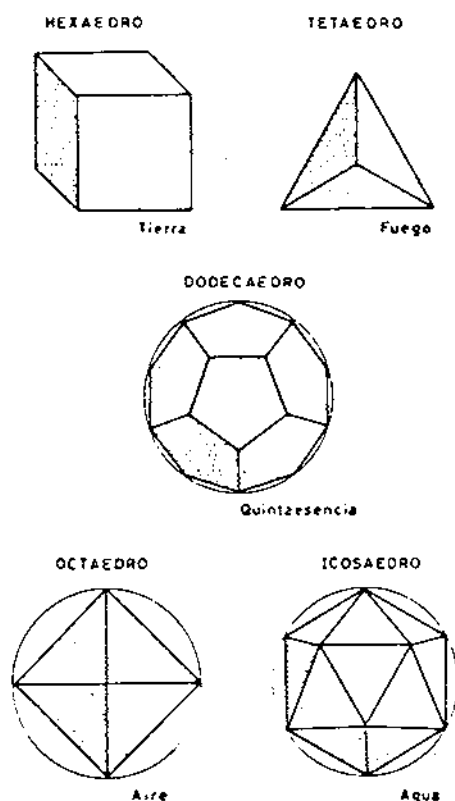


Fig. 4 Representación de los cinco elementos.

REPRESENTACIONES DURANTE LA ALQUIMIA

La Alquimia nació en Alejandría como resultado de la superposición de las culturas griegas, egipcia y oriental. En su transmisión y crecimiento participan muchos pueblos: árabes, bizantinos, españoles, italianos, etc. Durante su vasto desarrollo y en lo referente a la representación química vamos a encontrar las dos tendencias simbólicas, acentuadas según el momento histórico del pueblo que la cultiva y las circunstancias políticas o religiosas de cada momento.

En una primera etapa la representación alquímica es básicamente materialista, se trata de abreviar la escritura al tiempo que se muestran las propiedades de las sustancias representadas. La influencia del simbolismo griego es notoria, y así en el papiro de Leyden, 250 a.d.C., dedicado al trabajo de los metales, se contienen los símbolos griegos del oro, plata y mercurio, entre otros.

La influencia espiritualista se hace notar con la reaparición de las viejas conexiones «dioses-planetas-metales», que tratan de enlazar al hombre con las fuerzas exteriores. Los símbolos de los metales y su adscripción a los planetas se pueden ver en la Fig. 5.

METAL	PLANETA	SIMBOLO
Oro	Sol	
Plata	Luna	
Hierro	Marte	
Cobre	Venus	
Plomo	Saturno	
Estaño	Jupiter	
Mercurio	Mercurio	

Fig. 5 Símbolos alquimistas para los metales y sus planetas correspondientes.

Las distintas formas en que se puede presentar una sustancia también encuentran su representación adicionándose algún rasgo a la forma fundamental, Fig. 6.1, por otra parte, cuando una sustancia está formada por dos se unen sus símbolos para representarla, así el electro, unión de oro y plata, se representa en la figura 6.2, como la superposición del símbolo del oro con el de la plata.

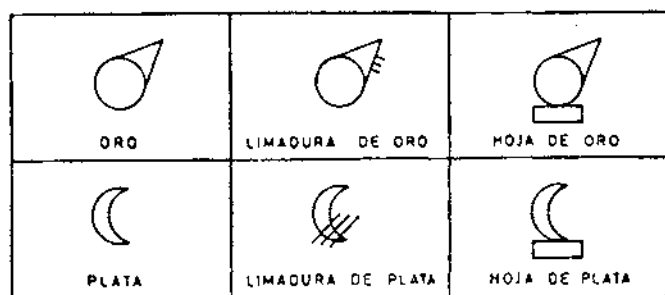


Fig. 6.1 Representaciones alquimistas para las distintas formas físicas de oro y plata.



Fig. 6.2 Representación del «electro».

El progreso de la tendencia espiritualista se acentúa hacia el final del desarrollo alquimista y sus practicantes redactan los escritos en forma oscura y misteriosa. Una manifestación de ello es que se multiplican las representaciones para una misma sustancia; en la Fig. 7. podemos ver distintos símbolos para el hierro y el oro.

HIERRO						
ORO						

Fig. 7 Algunos de los símbolos para representar hierro y oro en el período alquimista.

Esta diversidad de símbolos y significados complica extraordinariamente la comunicación y crea un confusio- nismo grande a la hora de interpretar los escritos alquimistas.

Los cuatro elementos reciben su símbolo con base en el triángulo mágico, Fig. 8, la barra interior significa que el elemento de que se trata es más pesado que el que no la tiene.

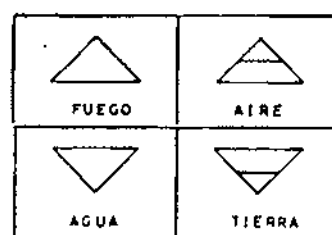


Fig. 8 Símbolos alquimistas para los elementos.

Con base en el triángulo o el círculo se construyeron asimismo los símbolos de los tres principios, Fig. 9.

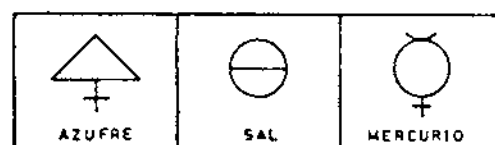


Fig. 9 Símbolos alquimistas para los tres principios.

REPRESENTACIONES A PARTIR DEL SIGLO XVIII

Con el siglo XVIII se produce un resurgir de las teorías materialistas, y además se sientan las bases de la Química moderna. Si para el alquimista puro los símbolos de las sustancias poco o nada tienen que ver con su naturaleza, los nuevos químicos tratan de que la representación responda a las propiedades de las especies simbolizadas.

Geoffroy en su tabla de afinidades y conservando el simbolismo alquímico, representa los ácidos y las sales por círculos con algunas adiciones, Fig. 10.

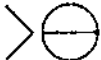




		
ACIDO DE SAL MARINA	ACIDO NITROSO	ACIDO VITRIOLICO
		
SAL ALCALI FIJA	SAL ALCALI VOLATIL	

Fig. 10 Representaciones de Geoffroy para ácidos y sales.

Bergman avanza un poco más el desarrollo del simbolismo. En su tabla aparecen representaciones generalizadas para ácidos y álcalis en base a círculos, Fig. 11,


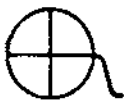
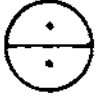

	
ACIDOS	ACIDO SULFURICO
	
ALCALIS	POTASA

Fig. 11 Representaciones de Bergman para ácidos y álcalis.

usando triángulos para otras sustancias y quedando los metales con la vieja simbología alquímica. Para el caso de los compuestos se usan los dos símbolos de los componentes unidos; como ejemplos podemos considerar la ecuación de la doble descomposición entre el cloruro de calcio y el sulfato de potasio que viene representada en la Fig. 12.

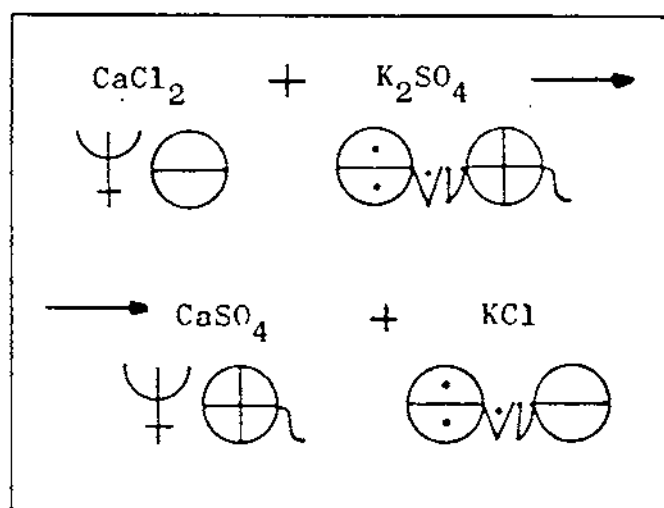


Fig. 12 Representación de Bergman de la doble descomposición entre el cloruro de calcio y el sulfato de potasio.

Lavoisier al tratar de escribir las reacciones químicas en forma cuantitativa desarrolla una representación que sea más adecuada al lenguaje algebraico. Esta necesidad fue reconocida por Berthelot, Fourcroy y Morveau además de por el propio Lavoisier. Bajo sus indicaciones Hassenfrantz y Adet idean un nuevo sistema de símbolos cuyas principales novedades son: las sustancias simples encontradas en los compuestos se representan por líneas; las otras sustancias simples por medio de la primera o dos primeras letras del nombre

latino, encerradas en un triángulo las bases, un cuadrado los radicales ácidos, y un círculo los metales; para los compuestos se usan los dos símbolos uno junto al otro. En la Fig. 13 se puede observar una muestra de lo dicho, sacada de las tablas de dichos autores.













NITROGENO		ACEIATO		CORRE	
POTASA		OXALATO		PLUMBO	
SOSA		CITRATO		CINCO	
CAL		LACTATO		ANTIMONIO	

Fig. 13 Símbolos ideados por Hassenfrantz y Adet.

El descubrimiento de las leyes de la estequiometría se traduce en nuevas modificaciones de los símbolos. Higgins, representa los átomos por letras, y por números la fuerza de unión entre los distintos átomos. En la Fig. 14, se representa un óxido de nitrógeno, P es un átomo de nitrógeno y las letras a, b y c tres átomos de oxígeno. Las líneas entre los átomos enlazados no quieren representar las uniones en el sentido que más tarde se les daría.

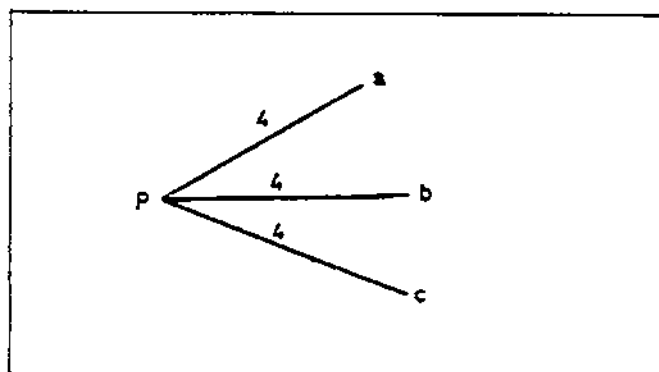


Fig. 14 Representación de Higgins de uno de los óxidos de nitrógeno.

Dalton en su teoría atómica imagina los átomos como esferas y así puede ser considerado como el primer químico que pensó en tres dimensiones. La representación se hace a base de círculos, y algunos de ellos aparecen en la Fig. 15. En las moléculas aparecen unidos los símbolos de los átomos que intervienen. Un punto a destacar es que para Dalton cada símbolo representa un contenido definido de materia, precisamente un átomo.

















 O	 H	 N	 S	 C	 PLATA
 ORO	 PLATINO	 COBRE	 NIQUEL	 CINC	 ARSENICO
 AGUA	 S O ₂		 C O	 C O ₂	

Fig. 15 Símbolos de Dalton.

Berzelius llega a la conclusión de que los círculos de Dalton eran superfluos y poco apropiados para las relaciones estequiométricas. Elaboró en 1813 un nuevo conjunto de ellos con la primera letra del nombre latino, que representaba tanto al elemento como a un átomo del mismo. Si dos elementos poseían la misma inicial se añadía una de las letras siguientes. En la Tabla

de la Fig. 16 podemos observar algunos ejemplos de sus símbolos, que con ligeras modificaciones son los que hoy usamos. Además los círculos desaparecen. En algunos de los símbolos de la Figura aparece una barra cruzándolos, con ello quiso Berzelius significar átomos dobles, así H₂ es H y N₂ es N.

Nombre	Forma	O=100.	H=1.				
Sauerstoff	O	100,000	16,026	Kohlenstoff	C	76,437	12,250
Wasserstoff	H	6,2398	1,000		€	152,875	21,500
	H	12,4796	2,000	Bor	B	135,983	21,793
Stickstoff	N	88,518	14,186		B	271,966	43,586
	N	177,036	28,372	Kiesel	Si	277,478	41,460
Schwefel	S	201,165	32,239	Selen	Se	494,582	79,263
	S	402,330	64,478	Arsenik	As	470,042	75,329
Phosphor	P	196,155	31,136		As	940,084	150,659
	P	392,310	62,272	Chrom	Cr	351,819	56,283
Chlor	Cl	221,325	35,470		Cr	763,638	112,766
	Cl	442,650	70,940	Molybdän	Mo	598,525	95,920
Jod	J	768,781	123,206	Wolfram	W	1183,200	189,621
	J	1537,562	246,412	Antimon	Sb	506,452	120,243
Fluor	F	116,900	18,734		Sb	1612,904	258,466
	F	233,800	37,469				

Fig. 16 Algunos de los símbolos de Berzelius junto con los pesos atómicos.

REPRESENTACIONES ESPACIALES

En lo que a los compuestos inorgánicos se refiere era suficiente indicar en la molécula la clase y el número de átomos que intervienen, ya que este es generalmente limitado.

Pero en los compuestos orgánicos hay generalmente muchos átomos; además hay compuestos que presentan la misma fórmula empírica pero distintas propiedades, son los llamados isómeros. Así pues resuelto el problema del número y clase de átomos, no siempre fácil a esta altura del siglo XIX, queda por conocer la distribución de dichos átomos en la molécula.

Un primer intento de sistematizar el amplio mundo de los compuestos orgánicos surge con los «radicales», grupos de átomos como el cianuro CN o el metilo CH_3 , con un comportamiento peculiar y que parecen permanecer juntos en variadas circunstancias. Conociendo estos radicales las sustancias se agrupan en familias o tipos, como hiciera A. Laurent (1807-53). En la Fig. 17 se pueden observar algunas moléculas de los tipos «agua» y «amoniaco».

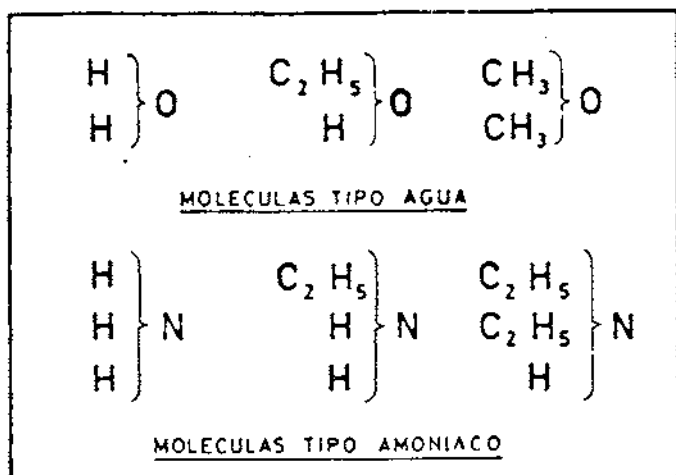


Fig. 17 Representación de moléculas por «tipos».

El hecho repetido de que en las fórmulas tipo agua el oxígeno se unía a dos radicales, y en las de tipo amoniaco el nitrógeno se unía a tres, hizo que se formulara la teoría de la valencia, cosa que hizo Frankland en 1852, y se trataran en consecuencia de representar los enlaces y sus clases.

Uno de los primeros en utilizar este tipo de representaciones es J. Loschmidt, quien utiliza figuras geométricas para muchos compuestos orgánicos. En ellas, (Fig. 18) cada átomo es simbolizado por un círculo, cuyo radio es proporcional a su esfera de influencia. Cada molécula consiste en un conjunto de círculos, uno por cada átomo, que se tocan (enlace sencillo) o se solapan (enlace doble).

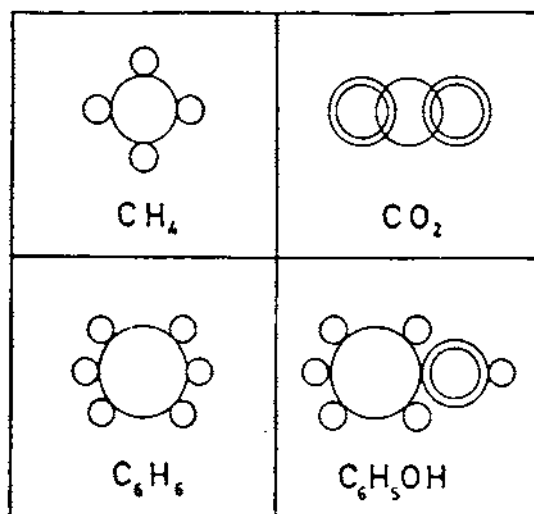


Fig. 18 Representaciones geométricas usadas por Loschmidt.

A.S. Cooper es quien por vez primera representa los enlaces por medio de trazos. A. Brown hace una descripción similar a la de Couper pero encerrando los átomos en círculos, Fig. 19, en la que los enlaces dobles se simbolizan por dos líneas.

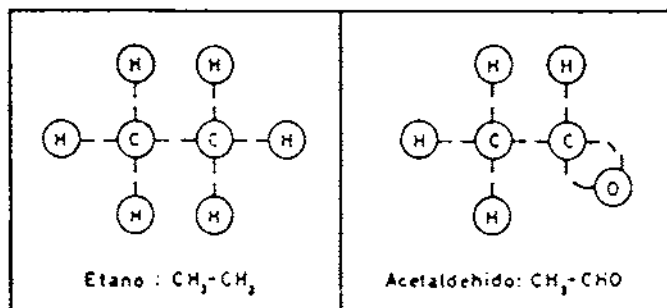


Fig. 19 Representaciones de Brown para etano y acetaldehído.

La representación estructural permitió comprender las estructuras de las moléculas orgánicas y en base a la tetravalencia del átomo de carbono explicarlas, como hiciera A. Kekulé. En la Fig. 20 está representada una molécula con enlaces sencillos, el metano CH_4 , una con enlace doble, el eteno C_2H_4 , y otra con un enlace triple, el acetileno C_2H_2 .

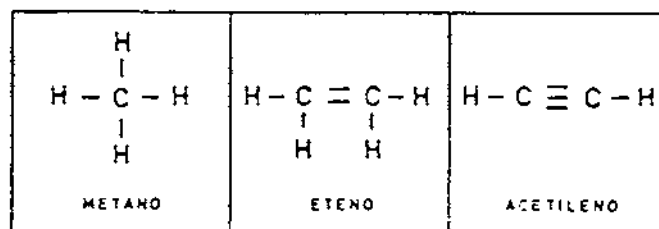


Fig. 20 Moléculas con enlaces sencillos, dobles y triples según la descripción del carbono tetravalente de Kekulé.

El problema de la estructura del benceno consumió bastante tinta pues se trataba de representar enlaces que no eran sencillos ni dobles, sino intermedios entre ellos; finalmente la solución vino de manos de Kekulé, según su propia confesión, después de un sueño en el que jugó un papel esencial el dragón alquimista que se muerde la cola. En la Fig. 21 se pueden ver dos formas de representar el benceno, C_6H_6 .

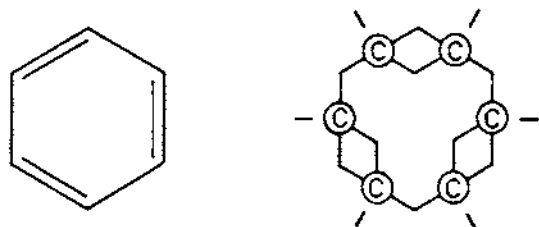


Fig. 21 Dos formas de representar el Benceno de Kekulé.

ULTIMOS DESARROLLOS EN LA REPRESENTACION

En la actualidad se conoce un gran número de compuestos químicos, más de siete millones, y gracias a la investigación este número aumenta continuamente. El manejo de la información correspondiente a tantas sustancias no es sencillo, así pues se está creando la nece-

sidad de acumular tantos datos. Ello obliga a representar las estructuras moleculares en forma que se puedan introducir en las computadoras, usando notación alfanumérica, puntos, guiones, escritura en una sola línea. Así la fórmula del ácido acético se podría representar $CH_3.CO.OH$.

W. Wiswesser ha ideado un sistema de representación que se puede considerar de los más apropiados a los

CO_2	NH_3
OCO	ZH
CH_3-COOH	C_2H_5-OH
QV1	O2

Fig. 22 Representaciones de Wiswesser para algunas moléculas.

fines que comentamos. En dicho sistema el grupo metilo, CH_3 , se simboliza por un 1, el etilo, C_2H_5 , por un 2, y así sucesivamente, el grupo OH por una Q, el cetona CO por una V, el NH_2 por una Z, etc. En la Fig. 22 se puede ver la representación de varias sustancias de acuerdo con esta notación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASIMOV, I., 1975. *Breve historia de la Química*. (Alianza Editorial, Madrid).
 ELIADE, M., 1979. *Imágenes y símbolos*. (Taurus, Madrid).
 FARRINGTON, B., 1979. *Ciencia griega*. (Icaria, Barcelona).
 FARRINGTON, B., 1980. *Ciencia y filosofía en la antigüedad*. (Ariel, Barcelona).
 JUNG, C.G., 1981. *El hombre y sus símbolos*. (Caralt, Barcelona).
 LEICESTER, H.M., 1967. *Panorama histórico de la Química*. (Alhambra, Madrid).
 LEWITXKY, A., 1957. Mitos y ritos del chamanismo, *Dió-*

- genes*, Vol. 17, pp. 53-67.
 MOYNADE, J., 1975. *Los versos aureos de Pitágoras-Los símbolos y el hieros-logos*. (Diana, México).
 ROUVRAY, D.H., 1977. The changing role of the symbol in the evolution of chemical notation, *Endeavour*, Vol. 1, pp. 23-31.
 SALIBA, J., 1955. El simbolismo filosófico y el empleo del mito por los filósofos árabes, *Diógenes*, Vol. 10, pp. 103-118.
 SCHNEIDER, M., 1959. El espíritu de la música como origen del símbolo, *Diógenes*, Vol. 27, pp. 49-78.
 SZABADVARY, F., 1966. *History of Analytical Chemistry*. (Pergamon Press, Oxford).