

EL PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE QUÍMICA



**Material didáctico elaborado por:
Dulce María de Andrés Cabrerizo.
Catedrática de Física y Química de
Enseñanza Secundaria.**

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Índice

Numeración	Epígrafe	Página
1	Introducción.	3
2	El nacimiento de la Química como ciencia moderna.	5
3	Nuevos elementos químicos.	10
4	El debate teórico en la Química antes del Congreso de Karlsruhe.	11
5	Cannizzaro.	20
6	El congreso de Karlsruhe.	26
7	Desarrollo del congreso de Karlsruhe.	30
8	Resultados del congreso de Karlsruhe.	33
9	La continuidad en otros Congresos.	37
10	Actividades.	38

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

1. Introducción

Entre el 3 y el 5 de septiembre de 1860 se celebró el Primer Congreso Internacional de Química en la ciudad alemana de Karlsruhe. Ante el caos en que se hallaba sumida la química, los más eminentes químicos europeos de la época fueron invitados para tratar de despejar el intrincado camino que impedía el progreso de la Química.



Palacio de Karlsruhe, construido en 1715.

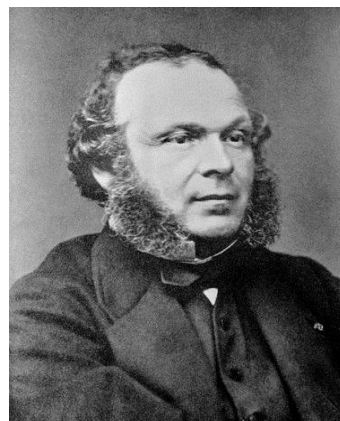
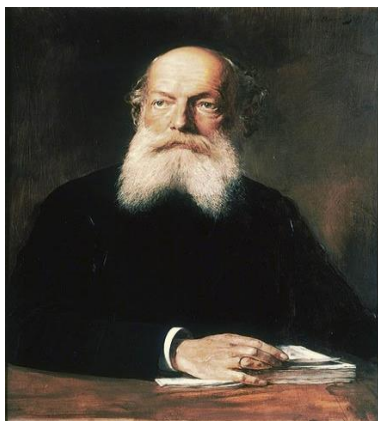
Este evento científico no solo permitió dilucidar trascendentes cuestiones que confundían a los químicos de las diferentes escuelas, sino que puso orden en esta ciencia para poder avanzar en menos de una década en la formulación de la moderna tabla periódica de los elementos químicos.

Hay que resaltar que resultó de vital importancia la aportación de jóvenes químicos, algunos de ellos alejados de las grandes escuelas, que abordaron las cuestiones que habían detenido el progreso de la química de una forma distinta e innovadora.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

De entre los químicos que participaron en el Congreso de Karlsruhe destacaron: los alemanes Friedrich August Kekulé (1829–1896) y Karl Weltzien (1813–1870) (nacido en San Petersburgo) y el francés Charles Adolphe Wurtz (1817–1884), por tener la genial idea de su convocatoria y por dar el enfoque adecuado a los problemas a estudiar y resolver.



Kekulé, Weltzien y Wurtz.

El italiano Stanislao Cannizzaro (1826–1910) fue el gran triunfador del congreso, por sus aportaciones, la elocuencia y el entusiasmo con que las defendió. También destacaron en el congreso Julius Lothar Meyer (1830–1895) y Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834–1907), que eran dos jóvenes químicos que hicieron fructificar las ideas sembradas por Cannizzaro en Karlsruhe para desarrollar la moderna tabla periódica de los elementos químicos. Hay que recordar que Meyer y Mendeléiev tenían entre 26 y 34 años cuando se celebró el Congreso de Karlsruhe.



Cannizzaro.

Además, el Congreso de Karlsruhe permitió el progreso sin precedentes de la Química Orgánica en la segunda mitad del siglo XIX y fue el germen donde se fraguó la Asociación Internacional de Sociedades Químicas (París, 1911), que, ocho años más tarde, da paso a la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC en sus siglas inglesas).

2. El nacimiento de la Química como ciencia moderna

La Química como ciencia moderna está vinculada a la búsqueda y aislamiento de los elementos químicos. Está fuera de toda duda que el descubrimiento del oxígeno es el punto de arranque de la Química como una ciencia independiente. Sin embargo, no es fácil precisar a quien se le debe atribuir este hallazgo fundamental.

El oxígeno fue descubierto por vez primera por el químico y farmacéutico sueco Carl Wilhelm Scheele (1742–1786) en 1772 cuando calentó el óxido de mercurio(II), dióxido de manganeso, carbonato de plata, nitrato de potasio y varios nitratos de metales pesados. Scheele llamó a este gas “aire de fuego” porque era el único gas conocido que mantenía las combustiones.



Escribió un informe de su descubrimiento en un manuscrito titulado

Scheele.

“Treatise on Air and Fire”, que fue enviado a su editor en 1775, sin embargo este documento no fue publicado hasta 1777.

Mientras tanto, el químico y clérigo británico Joseph Priestley (1733–1804) realizó el 1 de agosto de 1774 un ingenioso experimento cuando dirigió la luz del sol sobre el óxido de mercurio(II) dentro de un tubo de vidrio, que liberó un gas al que denominó “aire desflogistado”. Observó que en presencia de dicho gas, las velas ardían con luz más brillante y un ratón se volvía más activo y vivía más tiempo cuando respiraba este gas. Él mismo notó que se sentía muy “ligero y cómodo”.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Priestley publicó sus resultados en 1775 en un artículo titulado *"An Account of Further Discoveries in Air"* que incluyó en el segundo volumen de su libro *"Experiments and Observations on Different Kinds of Air"*. Generalmente, se atribuye la prioridad del descubrimiento del oxígeno a Priestley porque fue el primero en publicar sus hallazgos.



Priestley.

El renombrado químico francés Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), a quien se considera el padre de la química moderna, también reivindicó el descubrimiento del oxígeno para él. Sin embargo, es bien conocido que, en octubre de 1774, Priestley visitó a Lavoisier en París y le describió su experimento en el que se libera una nueva sustancia gaseosa.

Por su parte, en septiembre de 1774, Scheele envió una carta a Lavoisier que describía el descubrimiento de una sustancia desconocida, aunque Lavoisier negó haberla recibido. Lo cierto es que se halló una copia de dicha carta en las pertenencias de Scheele tras su muerte.



Lavoisier

Tanto Scheele como Priestley se adelantaron en el tiempo a Lavoisier en el aislamiento del oxígeno, pero fue éste último quien llegó a penetrar en la verdadera naturaleza del nuevo elemento químico. Aquel mismo año de 1774, Lavoisier utilizó los experimentos de Priestley y Scheele junto con otros nuevos para explicar de forma correcta y cuantitativa el fenómeno de la oxidación y el funcionamiento de la combustión y la respiración.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Los experimentos de Lavoisier sobre la combustión fueron publicados en 1777 en su obra *“Sur la combustion en général”*. Estos trabajos realizados entre 1774 y 1780 condujeron al descrédito de la teoría del flogisto y probaron que la sustancia aislada por Scheele y Priestley era un nuevo elemento químico. Lavoisier dio al nuevo elemento químico el nombre de oxígeno (del griego oxys, ácido y genēs, engendrador), es decir, que engendra los ácidos, porque creía que entraba en la constitución de todos ellos.

Hoy sabemos que este nombre del oxígeno es erróneo, porque existen ácidos que no contienen oxígeno –el elemento químico que mejor se corresponde con la creencia de Lavoisier es el hidrógeno–, sin embargo, a pesar del error, se mantiene el nombre dado por Lavoisier. La palabra oxygen comenzó a utilizarse en Gran Bretaña en 1788.

Ni Priestley ni Scheele se dieron cuenta de la verdadera importancia de su descubrimiento, no así Lavoisier. Algunos autores piensan que es más trascendente la comprensión que el propio hallazgo de las nuevas sustancias. Este es el caso del descubrimiento del oxígeno. Otros autores, indican que, a veces se entremezclan lo político con lo social y lo científico. Así, Priestley era un progresista desde el punto de vista político y social, tanto es así que sus ideas lo obligaron a abandonar Gran Bretaña por defender la Revolución Francesa, huyó primero a Londres y más tarde a Estados Unidos cuando una turba enfurecida quemó su iglesia y su casa.

Desde el punto de vista científico, Priestley era un conservador que se alineó con los defensores de la teoría del flogisto, al igual que le ocurrió a Scheele, discípulo y amigo del también sueco Torbern Olof Bergman (1735–1784), acérrimo defensor de esta teoría por la que se enfrentó enconadamente a Lavoisier. Por el contrario, el químico francés era un conservador político y social –tanto es así que sus ideas y posición económica le costaron la vida–, pero fue un progresista desde el punto de vista científico.



Torbern Olof Bergman.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

El flogisto

El flogisto es una sustancia hipotética que representa la inflamabilidad.

La teoría del flogisto es una teoría obsoleta, según la cual toda sustancia susceptible de sufrir combustión contiene flogisto, y el proceso de combustión consiste básicamente en la pérdida de dicha sustancia. Fue postulada por primera vez en 1667 por el alemán Johann Becher para explicar el proceso químico de la combustión.

Esta teoría se generalizó en el siglo XVIII gracias sobre todo a la labor de su más efectivo defensor, el alemán Georg Ernst Stahl (1659-1734). Stahl consideraba que los metales y en general todas las sustancias combustibles contienen una sustancia que carece de peso, tal sustancia es la llamada flogisto. Cuando se calcina un metal o durante la combustión de cualquier materia, el flogisto se separa en forma de llamaradas dejando un residuo incombustible, conocido en la alquimia como "sal", como ocurre comúnmente al calcinar los metales, o queda simplemente cenizas, lo cual se puede explicar mediante las fórmulas:

carbón → flogisto + cenizas o Metal → flogisto + herrumbre

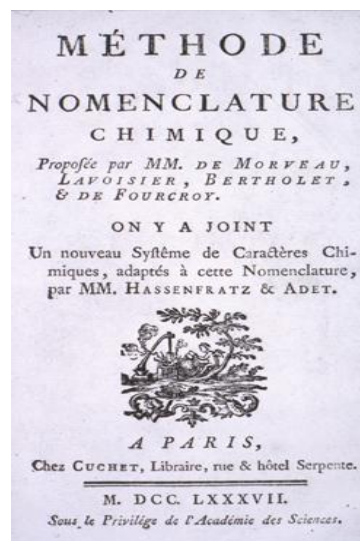
Para convertir la ceniza en carbón basta con añadir flogisto:

ceniza + flogisto → carbón.

Todas aquellas sustancias que arden sin apenas dejar residuo es que son casi todo flogisto.

La Revolución Química tuvo lugar tras el aislamiento del oxígeno y la comprensión de su importancia para explicar los fenómenos de la combustión, la respiración y la oxidación, que acabaría con la teoría del flogisto que también trataba de explicarlos. Además, Lavoisier se ocupó de la nomenclatura de los elementos químicos y de sus compuestos químicos en colaboración con otros insignes químicos franceses con la publicación en 1787 del "Méthode de nomenclature chimique".

Por otra parte, Lavoisier nos legó el primer tratado de química moderna, que publicó el mismo año en el que se producía la toma de la Bastilla, detonante de la Revolución francesa.



Portada del Méthode de nomenclature chimique (1787).

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

En su *“Traité élémentaire de chimie”* se halla una de las primeras relaciones de los elementos químicos conocidos, en el que aparece una clasificación de 33 sustancias bajo el epígrafe de “Tableau de substances simples”. En ella se distinguen cuatro tipos de sustancias simples:

- 1) Las que pertenecen a los tres reinos y se les puede considerar como los elementos de los cuerpos.
- 2) Las no metálicas, oxidables y acidificables.
- 3) Las metálicas, oxidables y acidificables.
- 4) Las salificables y terrosas.

La tabla tiene una doble columna donde aparecen los nombres nuevos de las sustancias simples y los correspondientes nombres antiguos.

**T R A I T É
É L É M E N T A I R E
D E C H I M I E,**

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

Avec Figures :

Par M. LAVOISIER, de l'Académie des Sciences, de la Société Royale de Médecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, de la Société Helvétique de Basle, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Padoue, &c.

T O M E P R E M I E R.



A P A R I S,

Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente.

M. D C C L X X X I X.

Sous le Privilège de l'Académie des Sciences & de la Société Royale de Médecine.

Portada del *Traité élémentaire de chimie* (1789).

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

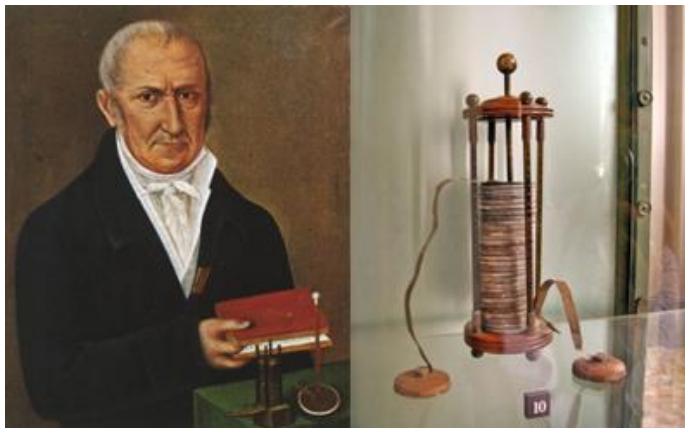
	NOMS NOUVEAUX.	NOMS ANCIENS CORRESPONDANTS.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes, et qu'on peut regarder comme les éléments des corps.	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
	Calorique.....	Matière du feu et de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital. Gaz phlogistiqué.
	Oxygène.....	Mofette. Base de la mofette. Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
	Azote.....	Soufre. Phosphore. Charbon pur. Inconnu.
Substances simples, non métalliques, oxydables et acidifiables.	Soufre.....	Inconnu.
	Phosphore.....	Inconnu.
	Carbone.....	Antimoine.
	Radical muriatique.....	Argent. Arsenic.
	Radical fluorique.....	Bismuth. Cobalt.
	Radical boracique.....	Cuivre. Étain.
Substances simples, métalliques, oxydables et acidifiables.	Antimoine.....	Fer. Manganèse. Mercure.
	Argent.....	Molybdène. Nickel.
	Arsenic.....	Or. Platine.
	Bismuth.....	Plomb. Tungstène.
	Cobalt.....	Zinc.
	Cuivre.....	Chaux. Magnésie, base de sel d'Epsom.
	Étain.....	Baryte, terre pesante. Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Fer.....	Silice. Terre siliceuse, terre vitrifiable.
	Manganèse.....	
	Mercure.....	

Tabla de sustancias simples de Lavoisier (1789).

En 1800, cuando expiraba el siglo XVIII se conocían 30 elementos químicos, pero se desconocían sus masas atómicas, o como se ha dicho durante mucho tiempo pesos atómicos en vez de masas atómicas.

3. Nuevos elementos químicos

En el mismo año de 1800, el físico italiano Alessandro Volta (1745–1827) inventa la pila eléctrica, que en su honor también se la conoce como pila Volta. Este invento tendrá una aplicación inmediata en el descubrimiento de nuevos elementos químicos.



Volta y su pila eléctrica.

Dos químicos destacaron en esta tarea: el británico Humphry Davy (1778–1829) y el sueco Jöns Jacob Berzelius (1779–1848).

A Davy se le atribuye el aislamiento de seis nuevos elementos químicos: sodio (1807), potasio (1807), boro (1808), magnesio (1808), calcio (1808) y bario (1808), mientras que a Berzelius se le reconoce el descubrimiento de cuatro: cerio (1803), selenio (1817), silicio (1824) y torio (1828). Es decir, ellos dos solos

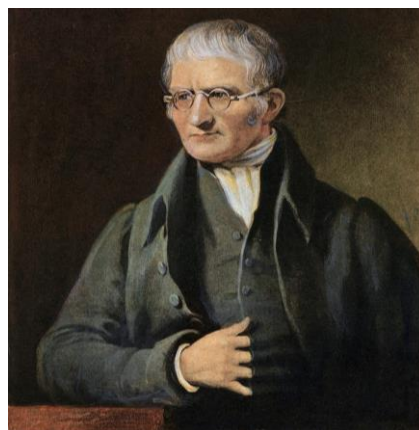


Davy y Berzelius.

fueron capaces de incrementar el número de elementos químicos conocidos a comienzos del siglo XIX en más de un tercio de los conocidos en 1800. Es importante destacar este hecho porque la aplicación de nuevas técnicas jugó un papel determinante en el avance de la química en los albores del siglo XIX. En esta época la química acababa de ser considerada como una ciencia exacta y se habían establecido las principales leyes estequiométricas o cuantitativas de la química.

4. El debate teórico en la Química antes del Congreso de Karlsruhe

El británico John Dalton (1766–1844) enunció en 1803 la teoría atómica de la materia que, recogió más tarde en su libro *“A New System of Chemical Philosophy”* (Manchester, 1808).



John Dalton.

Esta teoría permitió aclarar por qué las sustancias químicas reaccionan en proporciones estequiométricas fijas (ley de las proporciones constantes), y por qué cuando dos sustancias reaccionan para formar dos o más compuestos químicos diferentes, entonces las proporciones de estas relaciones son números enteros (ley de las proporciones múltiples).

Dalton postuló su teoría mediante una serie de enunciados simples:

- La materia está formada por partículas muy pequeñas llamadas átomos, que son indivisibles y no se pueden destruir.
- Los átomos de un mismo elemento químico son iguales entre sí, tienen la misma masa e iguales propiedades.
- Los átomos de diferentes elementos químicos se pueden combinar en proporciones distintas y formar más de un compuesto químico

En 1808, el francés Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) formuló su ley de los volúmenes de combinación de los gases, la cual puede enunciarse como sigue: en cualquier reacción química los volúmenes de todas las sustancias gaseosas que intervienen en la misma están en una relación de números enteros sencillos.



Gay-Lussac.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

En 1811, el italiano Amadeo Avogadro (1776–1856) publicó el artículo *“Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons”*. Posteriormente, en 1814, el francés André-Marie Ampère (1775–1836) formuló también la hipótesis de Avogadro de manera independiente.



Avogadro y Ampère.

La ley de Gay-Lussac no tiene una interpretación adecuada dentro de la teoría atómica de Dalton, para el que las partículas que forman los elementos químicos eran átomos. Por ello, Avogadro corrige la teoría atómica de Dalton e introduce la noción de molécula para justificar la ley de combinación de los gases de Gay-Lussac.

La noción de molécula y de que la mayoría de los gases elementales, como oxígeno, hidrógeno o nitrógeno, que se combinan en reacciones químicas gaseosas son moléculas diatómicas, es decir están formados por la unión de dos átomos, es una idea acertada, pero no fue admitida por la comunidad científica hasta 1860 en el congreso de Karlsruhe.

En 1815 y 1816, el científico y teólogo inglés William Prout (1785–1850) publicó dos artículos en los que recogía las observaciones de que los pesos (masas) atómicos de los elementos químicos conocidos hasta el momento eran múltiplos de la masa atómica del hidrógeno.



Prout.

Prout estableció la hipótesis que lleva su nombre, en la que el peso (masa) atómico de cualquier elemento químico es un número entero múltiplo del peso atómico del hidrógeno y que los átomos de los demás elementos químicos eran en realidad agrupaciones de varios átomos de hidrógeno.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Tras el descubrimiento de la primera pila eléctrica, el enunciado de la teoría atómica química, los avances en el descubrimiento y conocimiento de nuevos elementos químicos y compuestos químicos, junto con el sistema de formulación química propuesto en los años 1813–1814 por Berzelius al utilizar las letras iniciales de los nombres latinos de los elementos químicos, hizo que la química experimentara un desarrollo extraordinario en el primer tercio del siglo XIX. Sin embargo, en las décadas de los años cuarenta y cincuenta de dicho siglo surgen dos conflictos de difícil solución: el protagonizado por atomistas contra los equivalentistas y el mantenido por los seguidores de la teoría dualista contra los defensores de la teoría unitaria.

La polémica que enfrentó a atomistas y equivalentistas fue muy dura. Estos últimos negaban la existencia de los átomos, basándose en que nadie los había podido observar, pero eran defendidos a ultranza por los atomistas.

Peso equivalente es un término que se ha utilizado en varios contextos diferentes en química. En la mayor parte de los usos, es la masa de una sustancia dada que participa en una determinada reacción química. Fue John Dalton quien propuso que el peso equivalente del hidrógeno fuera una unidad de masa. Sin embargo, surgieron una serie de objeciones a este planteamiento, como la que, por ejemplo, que la mayoría de los elementos químicos no reaccionaba directamente con el hidrógeno para formar compuestos químicos simples del tipo XH . Además, los elementos químicos con diferentes valencias de combinación tienen más de un peso equivalente, lo que dificultaba la aceptación del peso equivalente como unidad de masa.



Wollaston.

No obstante, el británico William Hyde Wollaston (1766-1828) propuso en 1813 el uso de los pesos equivalentes como las unidades fundamentales de la química.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Los pesos equivalentes fueron muy atractivos para muchos químicos, ya que parecía que podían determinarse experimentalmente sin recurrir a ninguna teoría, pero la confusión aumentó debido a que no se podían normalizar muchas fórmulas empleadas para representar los compuestos químicos, de forma que los símbolos barrados o átomos con dobles pesos atómicos llegaron a tener significados diferentes para distintos químicos.

Wollaston

Practicó primero la medicina, pasando más tarde a concentrarse en la física y en la química. Es conocido por descubrir los elementos químicos paladio y rodio, y por desarrollar un método de procesar el mineral de platino. Desarrolló la noción de equivalente químico: Realizó diversas experiencias sobre fenómenos ópticos y eléctricos y perfeccionó la pila eléctrica inventada por Volta.

Durante los últimos años de su vida se dedicó a realizar experimentos eléctricos, que allanaron el camino para la creación del motor eléctrico. Sin embargo, la controversia estalló cuando Michael Faraday, el primero en construir un motor eléctrico en funcionamiento, se negó a otorgar crédito a Wollaston por su anterior trabajo. Wollaston es también conocido por sus observaciones de líneas oscuras en el espectro solar que conducirán al descubrimiento de los elementos químicos en el sol y por su trabajo en dispositivos ópticos.

Sólo unos pocos científicos se percataron del verdadero significado de la hipótesis de Avogadro, como el francés Marc Antoine Auguste Gaudin (1804–1880), un contable de la Oficina de Longitudes de París, quien en 1833 se dio cuenta de su importancia, pero éste



Gaudin.



Haüy.

estaba fuera de los círculos académicos y no tuvo apenas influencia.

Gaudin supo reconciliar la ley del francés Louis Joseph Gay-Lussac de los volúmenes de combinación con la hipótesis de Avogadro y aprovechó las ideas de Ampère y del también francés René Just Haüy (1743–1822) para el tratamiento de las estructuras cristalinas de la materia.

Material didáctico elaborado por:

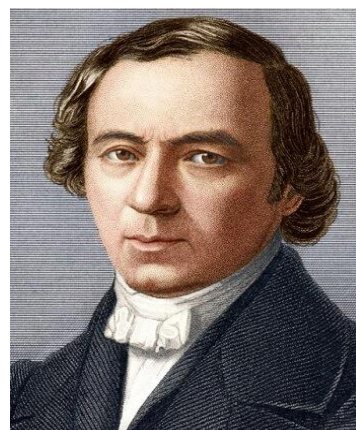
Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Años más tarde (1867), Gaudin fue reconocido por la Academia de Ciencias de París con el Premio Trémont. En 1873, publicó el libro *“L’architecture du monde des atomes”* (La arquitectura del mundo de los átomos), que después de cuarenta años sin cambiar sus ideas originales estaba obsoleto.

La teoría dualista fue introducida por Berzelius en la década de 1830 y suponía que los átomos y sus compuestos químicos estaban formados por una parte positiva y otra negativa. Esta teoría permitía comprender los fenómenos electroquímicos.

El establecimiento de la teoría dual requirió la caracterización de las sustancias e identificación del comportamiento electroquímico de las mismas a lo largo de una reacción química, avance que con el tiempo ganó la atención de la comunidad científica y, por tanto, su apoyo, redundando en que las posteriores reflexiones fuesen más específicas y se centraran cada vez más en la naturaleza eléctrica de las combinaciones químicas.

La teoría unitaria o de la sustitución fue propuesta por el francés Jean-Baptiste Dumas (1800–1884) y fue desarrollada posteriormente por los químicos franceses Auguste Laurent (1807–1853) y Charles Frédéric Gerhardt (1816–1856).



Jean-Baptiste Dumas.

Dumas fue, además, ministro de Agricultura y Comercio de Napoleón III de 1850 a 1851 y vicepresidente del Consejo imperial de instrucción pública.

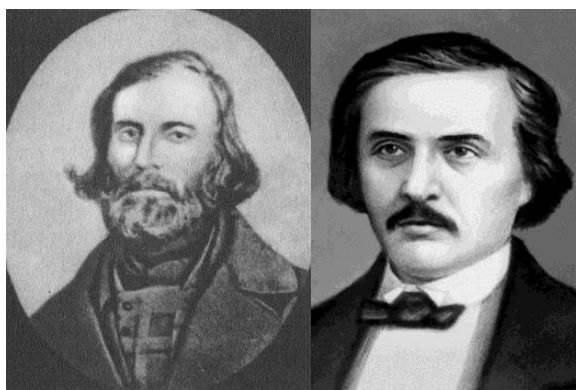
Dumas fue uno de los primeros químicos en estudiar los fenómenos de la sustitución en los compuestos orgánicos. En 1832 advirtió la posibilidad de caracterizar las combinaciones químicas mediante la sustitución de átomos o grupos de átomos por otros átomos. En 1837 se reivindicó la “teoría unitaria” como nuevo “eje estructurante” de la química orgánica.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

El descubrimiento del ácido tricloroacético a partir del ácido acético por Dumas y la sustitución de algunos átomos de hidrógeno por cloro llevada a cabo en el alcohol etílico por Laurent, enfurecieron a Berzelius porque echaban por tierra su teoría dualista. Ante la irritación de Berzelius, Dumas se retractó cobardemente de sus ideas sobre la teoría unitaria y no reconoció el trabajo de su discípulo Laurent, con quien terminó enemistándose. En cualquier caso, Berzelius fue incapaz de reconciliar la sustitución de un elemento químico electropositivo por otro electronegativo.

Cuando Laurent y Gerhardt intentaron en la década de 1840 recuperar la hipótesis de Avogadro, fueron demasiado lejos y presentaron una nueva confusión en la química con el desarrollo de la teoría unitaria.



Los atomistas Laurent y Gerhardt.

Haciendo uso de las ideas de Avogadro, Dumas sugirió la pertinencia de establecer analogías en relación con el proceder químico que tienen varios compuestos químicos orgánicos en la combinación, y, a continuación, Laurent complementó dicha posibilidad, sugiriendo viable la sustitución de un elemento químico por otro en un compuesto químico orgánico, sin que las propiedades del mismo cambiasen drásticamente. Así, por ejemplo, aseguró que durante el proceso de cloración en combinaciones orgánicas, el hidrógeno electropositivo podía ser reemplazado por el cloro electronegativo sin alterar el matiz de combinación, principio que a su vez le permitió caracterizar el comportamiento análogo de varios compuestos orgánicos diferentes.

La teoría unitaria o anti-dualista se consolidó como teoría, al conseguir explicar de forma asertiva algunos de los fenómenos químicos que la teoría dual no podía. Con la teoría dualista se responsabilizó al efecto eléctrico (de cargas) de las unidades atómicas de las interacciones que éstas tienen entre sí, en tanto que con la teoría unitaria se abrió la puerta a considerar el comportamiento de las sustancias en términos de su disposición espacial.

Material didáctico elaborado por:

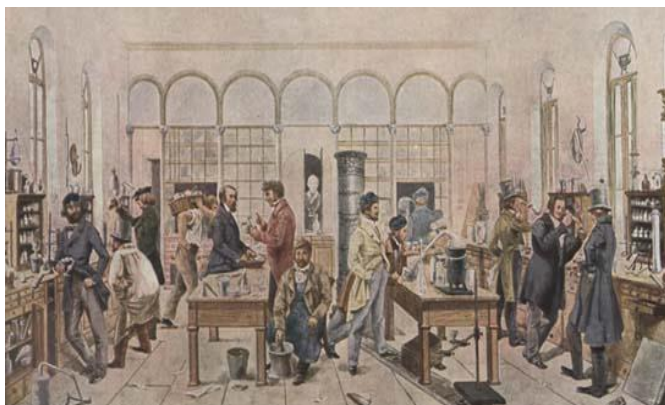
Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Los cristalógrafos de la época expresaron la posibilidad de considerar la disposición de los átomos en la constitución de las estructuras químicas complejas, y el cristalógrafo Laurent lo expresó con su hipótesis esencial: “Un compuesto químico es un edificio unitario dibujado por sustituciones progresivas a partir de un módulo básico (el núcleo)”.

Laurent comprobó que realizada la sustitución de un elemento químico electropositivo por otro electronegativo en una sustancia, cambiaba significativamente su naturaleza, de forma que la vinculación razonada de los sucesos ocurridos en el interior de los compuestos químicos con la disposición espacial de los mismos afianzó la teoría unitaria frente a la dual.

El aporte de Laurent significó para la química en general y para la química orgánica en particular, un cambio representativo en la óptica de las investigaciones científicas de la época, ya que las sustancias químicas de Laurent pasaron a ser el objeto de estudio central de análisis, dados los nuevos interrogantes expuestos por la química en aquel entonces. Su visión describía una estructura que se hallaba conformada en cada sustancia por átomos distribuidos en toda su configuración, lo que conllevaba a asentar el concepto de “radical”, que empezó a referirse desde la teoría unitaria como la relación en que se presentan los átomos de cada compuesto orgánico.

El nuevo paradigma del concepto de “radical” se configuró como concepto fundamental, y protagonista del fenómeno de “sustitución” característico de la teoría unitaria, en reemplazo del supuesto de combinación de la teoría dual. Gerhardt estableció que los compuestos químicos se derivan de sustituciones progresivas de un tipo fundamental y los científicos empezaron a referir el término radical con la relación según la cual se sustituyen y trasladan partes de un compuesto químico a otro.



Laboratorio de química del siglo XIX.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Si bien el modelo unitario se aplicaba a la química orgánica servía también como instrumento en una tendencia “unitaria” que contribuyó al establecimiento de una nueva teoría, la de los tipos, formulada por Gerhardt, que fue una gran mejora de la teoría unitaria, al observar que diversos compuestos orgánicos y otros similares se podían obtener de los compuestos químicos hidrogenados de los que derivaban y se vio factible determinar si uno o más compuestos químicos podían pertenecer a una misma serie con ciertas propiedades análogas. En 1840 fue aprobada la clasificación de compuestos orgánicos en tipos químicos, y se llegó en 1846 a una distinción clara entre átomo y equivalente, concepto que representó una gran dificultad para los químicos dualistas.

Por efecto de la búsqueda de soluciones, y a falta de efectividad de los postulados del modelo dual, el paradigma unitario se mostró complaciente con su descripción espacial del comportamiento químico, poniendo como bandera de la química orgánica las observaciones logradas por la cristalografía (ciencia instrumental).



Fábrica química europea del siglo XIX.

El concepto de “radical” empezó a ser reconocido de manera “universal” por la comunidad científica, dada las soluciones que proporcionaba a los problemas planteados en relación con la naturaleza de las combinaciones químicas y de la influencia que pudiese tener la estructura y disposición espacial de los compuestos químicos en el comportamiento químico de los mismos, lo que facilitó el avance de los procesos industriales, que sacaron provecho de las técnicas de síntesis orgánica para los fines que se proponían, de forma que experimentó un gran desarrollo la obtención de productos cada vez más indispensables para la industria, y fabricados a partir de procedimientos como la preparación, el aislamiento, la identificación y la purificación de sustancias.

Material didáctico elaborado por:

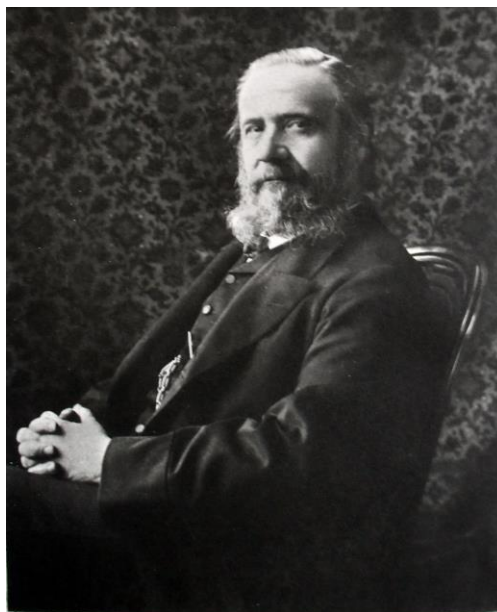
Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Situación de la química en el período 1800-1860

- 1800: Volta descubre la pila eléctrica. Se conocen 30 elementos químicos.
- 1803–1808: Dalton desarrolla la teoría atómica química. Adopta la masa atómica del hidrógeno como referencia ($H = 1$).
- 1803–1828: Berzelius descubre 4 elementos químicos.
- 1807–1808: Davy aísla 6 elementos químicos.
- 1809: Haüy relaciona el análisis químico con la estructura cristalina.
- 1811: Avogadro publica su hipótesis.
- 1813–1814: Berzelius introduce un sistema de formulación química basado en los símbolos de los elementos químicos y superíndices.
- 1813: Wollaston propone el uso de los pesos equivalentes.
- 1814: Ampère establece la hipótesis de Avogadro de manera independiente.
- 1814–26: Berzelius adopta el peso atómico del oxígeno como referencia.
- 1815–16: Prout publica su hipótesis.
- 1819: Dulong y Petit establecen su ley.
- 1826: Dumas propone el método para determinar pesos moleculares de líquidos.
- 1827: Berzelius introduce el concepto de isomería.
- Década de 1830: Berzelius desarrolla la teoría dualista, se toma como referencia el sistema de pesos atómicos de Berzelius y Dumas introduce la teoría unitaria.
- Década de 1840: Conflicto atomismo-equivalentismo, Gerhardt junto con Laurent desarrollan la teoría unitaria y la de los tipos.
- 1850: Se conocen 58 elementos químicos.
- Década de 1850: Enfrentamientos entre dualistas y los de la teoría unitaria.
- 1850–60: La química llega al caos. Los químicos no son capaces de entenderse.
- 1858: Cannizzaro publica su artículo *“Sunto di un corso di filosofia chimica”*.
- 1859: Kekulé contacta con Weltzien y Wurtz para convocar un congreso de químicos europeos. Se conocen 59 elementos químicos.
- 1860: Se celebra el Congreso de Karlsruhe (3–5 de septiembre).

5. Cannizzaro

El italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910) natural de Palermo, ingresó en 1841 en la universidad de su ciudad natal con la intención de hacer de la medicina su profesión, pero pronto se dedicó al estudio de la química.



Stanislao Cannizzaro

En 1849 se instala en París e ingresa en el laboratorio de Michel Eugène Chevreul (1786-1889) y en conjunción con François Stanislas Cloez (1817-1883) hace en 1851 su primera contribución a la investigación química, cuando prepararon cianamida por la acción de amoníaco en cloruro de cianógeno en solución de éter. En ese mismo año, Cannizzaro aceptó un puesto en el Colegio Nacional de Alessandria, como profesor de química y física. En Alessandria, descubrió que los aldehídos aromáticos se descomponen por una solución alcohólica de hidróxido de potasio en una mezcla del ácido correspondiente y alcohol. Por ejemplo, el benzaldehído se descompone en ácido benzoico y alcohol bencílico, en la denominada reacción de Cannizzaro.

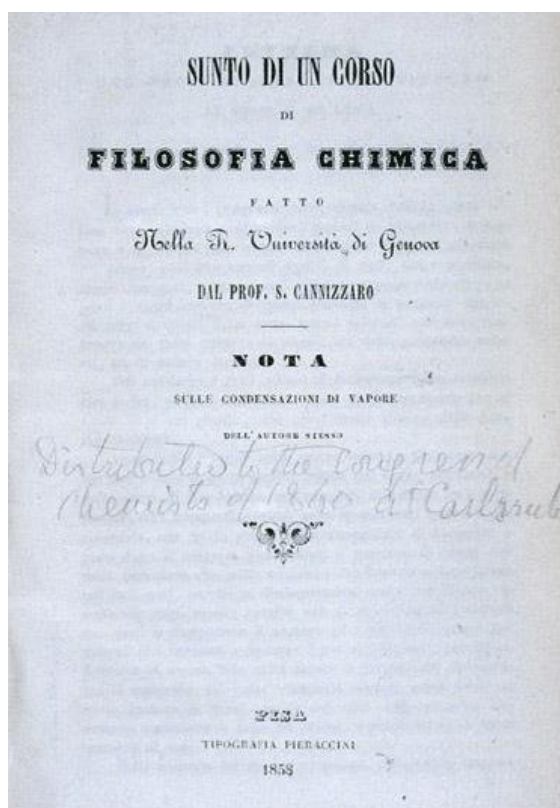
En el otoño de 1855, se convirtió en profesor de química en la Universidad de Génova, donde permaneció hasta finales de 1861. En Génova no tiene ni laboratorios ni equipos para continuar su labor investigadora. En 1856, consigue un nuevo local, aunque su producción científica va a ser escasa hasta finales de 1857. Después de obtener nuevas cátedras en Pisa y Nápoles, aceptó la cátedra de química orgánica e inorgánica en Palermo. Allí siguió estudiando compuestos aromáticos y trabajando en las aminas, hasta 1871, cuando fue nombrado para la cátedra de química en la Universidad de Roma.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Aparte de su trabajo en la química orgánica, Cannizzaro prestó un gran servicio a la química con su artículo de 1858 "Sunto di un corso di Filosofia Chimica" (Bosquejo de un curso de filosofía química), en el que insistió en la distinción entre peso atómico y peso molecular, y acabó por fijar la hipótesis previamente efectuada por Avogadro.

Cannizzaro mostró cómo los pesos atómicos de los elementos químicos contenidos en compuestos químicos volátiles se pueden deducir de los pesos moleculares de los compuestos químicos, y cómo los pesos atómicos de elementos químicos de cuyos compuestos químicos las densidades de vapor son desconocidas pueden determinarse a partir del conocimiento de sus calores específicos. Por estos logros, de importancia fundamental para la teoría atómica, fue galardonado con la Medalla Copley por la Royal Society en 1891.



En 1871, el prestigio científico de Cannizzaro le aseguró su ingreso en el Senado italiano, del cual fue vicepresidente, y como miembro del Consejo de Instrucción Pública, prestando importantes servicios a la causa de la educación científica en Italia.

Cannizzaro es principalmente conocido por su contribución al debate entonces existente respecto a los átomos, las moléculas y los pesos atómicos. Defendió la noción de Avogadro de que volúmenes iguales de gas a la misma presión y temperatura contienen el mismo número de moléculas o átomos, y la noción de que volúmenes iguales de gas podrían ser utilizados para calcular los pesos atómicos. De este modo, Cannizzaro proporcionó una nueva comprensión de la química.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Su revolucionario artículo *“Sunto di un corso di filosofia chimica”*, realizado en la Universidad de Génova, fechado el 12 de marzo de 1858, aparece publicado en el número de mayo en forma de carta dirigida a su amigo Sebastiano de Luca, editor de la revista y profesor de química en Pisa. En el artículo se recogen los primeros ocho capítulos del curso que imparte a sus alumnos. Más tarde, aparece publicado en forma de opúsculo junto con una nota del propio Cannizzaro titulada *“Sulle condensazioni di vapore”* (Sobre la condensación del vapor) que va a tener una gran importancia para la difusión de sus ideas en el Congreso de Karlsruhe.

La trascendencia del artículo radica en que clarificaba el concepto de peso (masa) atómico, relacionándolo correctamente con el peso (masa) molecular y sentaba las bases a través de la teoría atómica, despejando la incertidumbre que imperaba en la época en la definición de los conceptos fundamentales de la química. Con este trabajo Cannizzaro abrió una nueva ruta, con bases experimentales, alejadas de suposiciones conceptuales, y utilizando un lenguaje sencillo y fácil de entender.

En el mismo año de 1858, publicó *“Lezione sulla teoria atómica”* (Lección sobre la teoría atómica) en la revista italiana *“Liguria medica”* en la que profundiza en los mismos temas del *“Sunto”*, detallándola e ilustrándola con distintos ejemplos. El comienzo del artículo dejó perfectamente claras las ideas de su autor sobre la teoría atómica. “Creo que el progreso de la ciencia, realizado en estos últimos años, ha confirmado la hipótesis de Avogadro, de Ampère y de Dumas sobre la constitución semejante de las sustancias en estado aeriforme; es decir, que volúmenes iguales de estas sustancias, bien sean simples o compuestas, contienen un número igual de moléculas, pero no un número igual de átomos, puesto que las moléculas de las diversas sustancias, o las de la misma sustancia en sus diferentes estados, pueden contener un número distinto de átomos, tanto si son de la misma como de distinta naturaleza”.



Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Para calcular los pesos (masas) atómicos y relacionarlos con los pesos moleculares hace uso de la hipótesis de Avogadro (1811) y de Ampère (1814) y de la ley de Gay-Lussac sobre los volúmenes de combinación de los gases enunciada en 1808 y que formuló así: “los gases en cualesquiera que sean la proporciones en las que se pueden combinar, dan siempre lugar a compuestos químicos cuyos elementos químicos, medidos en volumen, son siempre múltiplos uno de otro”.

Para determinar las masas moleculares de los líquidos recurre al método de Dumas (1826). Con este método, Dumas demostró que el peso (masa) molecular de algunos compuestos orgánicos era directamente proporcional a su densidad de vapor.

Por último, para calcular el peso (masa) atómico de los elementos químicos sólidos empleó la ley de los franceses Pierre Louis Dulong (1785-1835) y Alexis Thérèse Petit (1791-1820), que establecieron la ley que lleva sus nombres (1819). Esta ley establece afirma que “el producto del calor específico de cualquier elemento químico sólido por su masa atómica es prácticamente constante e igual a 6,3 (expresado en cal/°C átomo-gramo)”.



Dulong y Petit

Cannizzaro construyó una tabla con 33 sustancias algunas de las cuales son alótropos y determinó el peso atómico de 31 elementos químicos distintos. Es la primera gran relación de pesos moleculares y atómicos parecidos a los que hoy conocemos. Introduce el concepto de átomo: “las diferentes cantidades del mismo elemento químico contenido en distintas moléculas son todas ellas múltiplos enteros de una misma cantidad, que, siendo entera siempre, debe llamarse por esta razón átomo”.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Tabla que recoge la relación de los 31 pesos atómicos de los elementos químicos calculadas por Cannizzaro (1858) y comparados con las de la IUPAC (2007) y recogidos en su artículo "Sunto di un corso di filofia chimica (1858)".

Elemento químico	Cannizzaro	IUPAC
Hidrógeno, H	1	1,0079
Oxígeno, O	16	15,999
Azufre, S	32	32,065
Fósforo, Ph	31	30,974
Cloro, Cl	35,5	35,453
Bromo, Br	80	79,904
Yodo, I	127	126,90
Nitrógeno, Az	14	14,007
Arsénico, As	75	74,922
Mercurio, Hg	200	200,59
Hierro, Fe	56	55,045
Carbono, C	12	12,011
Boro, Bo	11	10,811
Estaño, Sn	117,6	118,71
Titanio, Ti	56	47,867
Silicio, Si	28	28,086
Circonio, Zr	89	91,224
Aluminio, Al	27	26,982
Cromo, Cr	53	51,996
Cobre, Cu	63	63,546
Oro, Au	196,32	196,97
Cinc, Zn	66	65,409

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Plomo, Pb	207	207,2
Manganeso, Mn	55	54,938
Platino, Pt	197	195,08
Calcio, Ca	40	40,078
Magnesio, Mg	24	24,305
Bario, Ba	137	137,33
Plata, Ag	108	107,87
Potasio, K	39	39,098
Sodio, Na	23	22,990

Nota. Hay tres elementos químicos que muestran diferencias en sus símbolos químicos: fósforo, nitrógeno y boro y el titanio muestra una gran diferencia entre el peso atómico calculado por Cannizzaro y la IUPAC.

Es de justicia destacar la importancia del "Sunto" ya que fue traducido, entre otros idiomas, al alemán por Lothar Meyer en *Ostwald's Klassiker der Exalten Wissenschaften*, nº 90 con el título "*Abriss eines Lehrganges der Theoretischen Chemie vorgetragen an der K. Universität Genua vor Prof. S. Cannizzaro Herausgegeben von Lothar Meyer*" y al inglés en "*Alembic Club Reprints*, nº 18 con el título "*Sketch of a course of chemical philosophy*".

En el centenario de su publicación, fue traducido al español, comentado, reproducido y editado por Pascual Román Polo, en Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, 2009, bajo el título "*Compendio de un curso de filosofía química*".



6. El congreso de Karlsruhe

El patrocinador del Congreso que aportó la infraestructura necesaria para la realización del mismo fue el Archiduque de Baden, que cedió para el encuentro la sala de reuniones de la cámara segunda del Estado, en su capital en la ciudad de Karlsruhe.



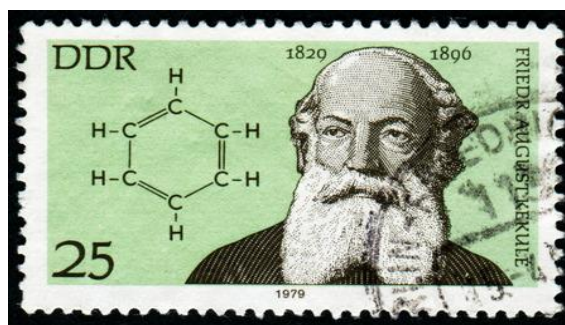
Karlsruhe es la segunda ciudad más grande de Baden-Wurtemberg (después Stuttgart) en el suroeste de Alemania, cerca (15 km) de la frontera con Francia.

Karlsruhe fue fundada en 1715 como ciudad barroca y fue capital del Gran Ducado de Baden. Debido al plan urbanístico con arreglo al cual se fundó, sus calles irradian toda la ciudad.

La necesidad del Congreso se debió a que el caos se había apoderado de la Química en las postrimerías de la década de 1850. La situación era tan caótica, que bien se podía asemejar a la bíblica torre de Babel. Los químicos hablaban

distintos lenguajes a la hora de nombrar los compuestos químicos, formulaban el mismo compuesto químico de manera diversa y había graves enfrentamientos personales entre los representantes de las diferentes escuelas, a veces, incluso, entre los de la misma escuela.

Además, la situación llegaba a alcanzar cotas inimaginables a la hora de expresar los compuestos químicos. Baste recordar que el químico alemán Kekulé denunció en 1858 que el ácido acético se podía formular de 19 maneras diferentes, y lo que era peor, todo químico orgánico debería tener sus propias fórmulas para sentirse más importante. Por otro lado, el agua se podía representar con cuatro fórmulas diferentes: H_2O , HO , $\dot{H}O$, y H_2O_2 .



Kekulé y el benceno.

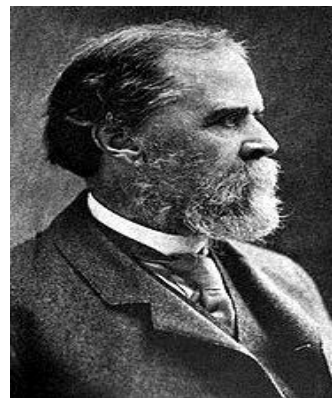
Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Ante tan anárquica situación, Kekulé, catedrático de Química en la Universidad de Gante, consideró oportuno celebrar un congreso internacional de químicos dedicado a la definición de los conceptos químicos de átomo, molécula, equivalente, atomicidad, basicidad, las fórmulas químicas, y la uniformidad de la notación y nomenclatura químicas.

En el otoño de 1859, Kekulé hizo partícipes de su idea a los profesores Karl Weltzien, catedrático de Química en la Escuela Politécnica de Karlsruhe, y Charles Adolphe Wurtz, catedrático de Química Orgánica de la Facultad de Medicina de París.

Wurtz fue un gran defensor de la teoría atómica, que junto con sus ideas sobre las estructuras de los compuestos químicos le enfrentaron a Marcellin Berthelot (1827-1907) y Etienne Henri Sainte-Claire Deville (1817-1884). A finales de marzo de 1860, se encontraban Kekulé, Weltzien y Wurtz en París para definir las etapas siguientes sobre el Congreso y poner en marcha el plan de trabajo. Se elaboró una comunicación que fue enviada a los 45 químicos más importantes de Europa solicitando su participación y colaboración. Estos fueron: Babo, Balard, Beketoff, Boussingault, Brodie, Bunsen, Bussy, Cahours, Cannizzaro, Deville, Dumas, Engelhardt, Erdmann, Fehling, Frankland, Frémy, Fritzsche, Hlasiwetz, Hofmann, Kekulé, Kopp, Liebig, Malaguti, Marignac, Mitscherlich, Odling, Pasteur, Payen, Pebal, Peligot, Pelouze, Piria, Regnault, Roscoe, Schoetter, Socoloff, Staedler, Stas, Strecker, Weltzien, Will, Williamson, Wöhler, Wurtz y Zinin.



De los cuarenta y cinco químicos invitados, sólo asistieron los veinte siguientes: Babo, Boussingault, Bunsen, Cannizzaro, Dumas, Erdmann, Fehling, Hlasiwetz, Kekulé, Kopp, Marignac, Odling, Pebal, Roscoe, Stas, Strecker, Weltzien, Will, Wurtz y Zinin. Parece que los químicos estadounidenses no fueron invitados. De haberlo sido, algunos de ellos, a pesar de la premura de la convocatoria hubieran asistido, como Oliver Wolcott Gibbs (1822-1908) y Thomas Sterry Hunt (1826-1892), ya que estaban muy interesados en el desarrollo de la teoría unitaria y de la nueva teoría de los tipos de Gerhardt.

Wolcott Gibbs es conocido por realizar los primeros análisis electrogravimétricos, mediante las reducciones de iones de cobre y níquel a sus respectivos metales.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

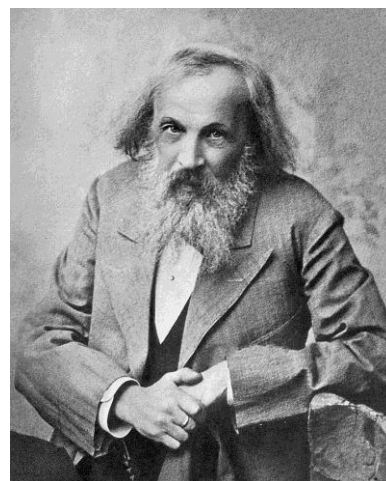
La carta fue escrita en alemán, francés e inglés. La versión alemana está fechada en Karlsruhe el 10 de julio de 1860, mientras que la versión inglesa está datada con fecha del 1 de julio. El verdadero objetivo del Congreso, tal como se exponía en la carta, era: “La definición de importantes conceptos químicos, tales como los expresados por las palabras átomo, molécula, equivalente, atomicidad, basicidad, etc.; discusión de los equivalentes verdaderos de los cuerpos y sus fórmulas; la institución de una notación uniforme y una nomenclatura racional”. Parecía que los temas a debatir durante el congreso estaban hechos a la medida de las ideas sostenidas por Cannizzaro en su publicación de 1858.

Este Congreso brindó a Stanislao Cannizzaro la oportunidad de defender y difundir sus ideas entre la comunidad de químicos asistentes. El congreso no logró sus objetivos de poner de acuerdo a los químicos participantes, pero sin duda alguna, el triunfador fue Cannizzaro, que destacó por su ardor, claridad de ideas y brillantez en su exposición.



A este congreso acudieron 127 participantes de once países europeos y México, y entre los asistentes hay que destacar la presencia de dos jóvenes y entusiastas químicos: el alemán Julius Lothar Meyer (1830-1895) y el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev, (1834-1907) que tenían 30 y 26 años, respectivamente.

Meyer.



Mendeléiev.

La edad media de 89 de los 127 participantes era de treinta y nueve años. El químico de mayor edad asistente al Congreso de Karlsruhe fue el químico británico Charles Giles Bridle Daubeny (1795–1867), que tenía 65 años, y los más jóvenes el alemán Frederich Konrad Beilstein (1838–1906) y el escocés Alexander Crum Brown (1838–1922) que tenían 22 años.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Asistentes al Congreso de Karlsruhe

- Alemania (57): Babo, Baeyer, Becker, Beilstein, Bibra, Boeckmann, Braun, Bunsen, Carius, Erdmann, Erlenmeyer, Fehling, Finck, Finckh, Frankland, Fresenius, Geiger, Gorup-Besanez, Grimm, Guckelberger, Gundelach, Hallwachs, Heeren, Heintz, Hirzel, Hoffmann, Kassermann, Keller, Klemm, Knop, Kopp, Kuhn, Landolt, Lehmann, Ludwig, Mendius, Meyer, Mühlhäuser, Muller, Naumann, Nessler, Neubauer, Petersen, Quinke, Scherer, Schiel, Schmidt, Schneyder, Schroeder, Schwarzenbach, Seubert, Strecker, Streng, Weltzien, Will, Winkler y Zwenger.
- Austria (7): Folwarezny, Hlasiwetz, Lang, Lieben, Pebal, Wertheim y Schneider.
- Francia (21): Béchamp, Boussingault, Dumas, Friedel, Gautier, Grandeau, Jacquemin, Kestner, Le Canu, Nicklès, Oppermann, Persoz, Reichauer, Riche, Scheurer- Kestner, Schlagdenhaussen, Schneider, Schützenberger, Thénard, Verdét y Wurtz.
- Gran Bretaña (17): Abel, Anderson, Apjohn, Crum Brown, Daubeny, Duppa, Foster, Gladstone, Griffeth, Guthrie, Müller, Noad, Normandy, Odling, Roscoë, Schickendantz y Wanklyn.
- Italia (2): Cannizzaro y Pavesi.
- Bélgica (3): Donny, Kekulé y Stas.
- España (1): Torres Muñoz de Luna.
- México (1): Posselt.
- Portugal (1): J. Augusto Simões-Carvalho.
- Rusia (7): Borodin, Mendeléiev, Lesinski, Natanson, Sawitsch, Schischkoff y Zinin. En aquella época Polonia formaba parte de Rusia y sus participantes aparecen conjuntamente.
- Suecia (4): Bahr, Berlin, Blomstrand y Gilbert.
- Suiza (6): Bischoff, Brunner, Marignac, Planta, Schiff y Wislicenus.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

7. Desarrollo del congreso de Karlsruhe

Confirmada la asistencia de los 127 congresistas, el Presidente y los Secretarios prepararon las sesiones y los temas a discutir, tanto en comisiones como en plenario.

Se acordó comenzar las discusiones con las nociones de molécula y átomo, iniciándolas Kekulé y Cannizzaro. Hay muchas intervenciones que ponen de manifiesto que no es fácil admitir la existencia de elementos químicos diatómicos.



Karlsruhe.

En los debates posteriores, tanto en plenarios como en comisión, se amplió la discusión a otros temas, tales como la cuestión de notación y formulación, y la necesidad de cambiar ciertos pesos atómicos a la luz de nuevas evidencias experimentales

La tercera sesión, 5 de septiembre, se dedicó al problema de los pesos (masas) atómicos, principalmente del carbono: si se aceptaba el nuevo valor de 12 o permanecía el anterior de 6, hasta que fuera empleado por casi todos. Tras un largo debate, en su última sesión, 5 de septiembre, J. Dumas hizo una brillante disertación proponiendo usar el nuevo valor de 12 sólo en química orgánica y dejar el viejo valor para la inorgánica. Contra esto Cannizzaro habló apasionadamente, mostrando que todos deberían usar el mismo peso atómico. No hubo votación sobre esta cuestión, pero la gran mayoría se puso del lado de Cannizzaro.

El Congreso no finalizó con acuerdos definitivos en muchas de las cuestiones debatidas, pero dio lugar a importantes consecuencias a largo plazo, como:

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

- Adopción de nuevos pesos atómico para elementos químicos como el hidrógeno, carbono y oxígeno.
- Mejorar en la representación de los compuestos químicos propuesta por Kekulé, poniéndose así los químicos de acuerdo en cuanto a las fórmulas de los compuestos químicos más importantes.
- Reconocimiento de que ciertos elementos químicos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno o cloro son sustancias formadas por moléculas diatómicas y no por átomos individuales.

Hay que recordar que fue Stanislao Cannizzaro, que dio una brillante conferencia sobre la hipótesis de Avogadro, describiendo la forma de usarla y explicando la necesidad de realizar una distinción clara entre átomos y moléculas. La aportación de Cannizzaro fue fundamental



Karlsruhe.

para que el Congreso aprobara la siguiente propuesta: "Se propone que se adopten conceptos diferentes para molécula y átomo, considerándose molécula la cantidad más pequeña de sustancia que entra en reacción conservando sus características físicas, y entendiéndose por átomo la más pequeña cantidad de un cuerpo que entra en la molécula de sus compuestos."

Al cabo de los tres días de las sesiones no se lograron alcanzar los objetivos del Congreso de poner de acuerdo a los químicos participantes, pero sí se redactaron las actas oficiales del mismo, que fueron publicadas por Wurtz.

No obstante, el Congreso permitió desarrollar el conocimiento mutuo de científicos que trabajaban en Química y a este hecho se refirió Meyer de este modo: "Para nosotros, que nos iniciábamos en la docencia, el encuentro con tantos respetados colegas representó un aliciente tan grande que hizo que aquellos tres días de Karlsruhe fueran para nosotros inolvidables".

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Angelo Pavesi (1830–1896), profesor de química en la Universidad de Pavía y amigo de Cannizzaro, distribuyó al final del congreso entre los participantes algunas copias del artículo de Cannizzaro “*Sunto di un corso di filosofia chimica*” publicado en forma de fascículo en Pisa dos años antes y distribuido por Pavesi entre los asistentes al congreso.

Pavesi tuvo un papel decisivo en la difusión de la obra de Cannizzaro. De hecho, mientras la conferencia se encontraba en sus etapas finales, distribuyó a los participantes una serie de copias del resumen del “*Sunto*”, un gesto que entró en la historia de la ciencia por las consecuencias cognitivas que tuvo.

El “*Sunto*”, de hecho, resolvió el problema fundamental de la determinación de pesos atómicos y la distinción entre átomos y moléculas, gracias a un renovado uso de la hipótesis 'volúmenes iguales de gas, en las mismas condiciones de temperatura y presión, contienen el mismo número de partículas '(formulado en 1811 por Avogadro), allanando el camino para la construcción de la Tabla Periódica de los elementos químicos de Mendeléiev.



Mendeléiev en su despacho.

En su artículo Cannizzaro exponía con total claridad las ideas que había defendido tan apasionadamente sobre la teoría atómica, basadas en la adopción de la hipótesis de Avogadro y Ampère y en aceptar el sistema de pesos atómicos de Gerhardt y corregidos por él mismo.

Sus ideas fueron entendidas tras una detenida lectura por Lothar Meyer a su regreso a Breslau (en la actualidad, Wrocław) quien lo manifestó de este modo: “Yo también recibí un ejemplar que metí en mi bolsillo con el objeto de leerlo luego. Lo leí repetidas veces en el viaje de regreso y también en casa y me sorprendió la claridad del pequeño folleto y lo acertado de la solución que en él se daba a la mayor parte de las cuestiones discutidas. Sentí como si las escamas cayeran de mis ojos y las dudas desaparecieran y fueron reemplazadas por una sensación de pacífica seguridad”.

8. Resultados del congreso de Karlsruhe

Las actas oficiales del Congreso de Karlsruhe fueron publicadas por Wurtz. El Congreso permitió el conocimiento mutuo de científicos que trabajaban en Química y a este hecho se refería Meyer de este modo: “Para nosotros, que nos iniciábamos en la docencia, el encuentro con tantos respetados colegas representó un aliciente tan grande que hizo que aquellos tres días de Karlsruhe fueran para nosotros inolvidables”.

La consecuencia más importante del Congreso fue el generar el convencimiento de que las reuniones de científicos, en donde se pudiesen intercambiar ideas, experiencias y teorías son fundamentales para el progreso de la ciencia.

Row	Group I — R ₂ O	Group II — RO	Group III — R ₂ O ₃	Group IV RH ₄ RO ₂	Group V RH ₃ R ₂ O ₃	Group VI RH ₂ RO ₃	Group VII RH R ₂ O ₇	Group VIII — RO ₄
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9.4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27.3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35.5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	I = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140				
9								
10			?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184		Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208			
12				Th = 231		U = 240		

Tabla periódica de Mendeléiev.

Así, otras reuniones vendrían después, como la primera reunión de la Sociedad Rusa de Química (1869), donde Mendeléiev anunció su Tabla Periódica.

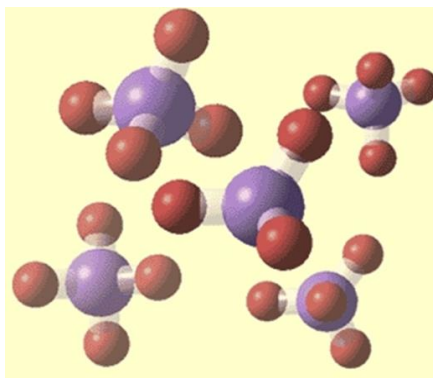
En 1860, Meedeléiev era un becario del gobierno ruso de 26 años que estaba en Heilderberg trabajando con Kirchhoff y Bunsen. Dada la proximidad entre Heilderberg y Karlsruhe, y como Bunsen iba a estar en el Congreso, no es extraño que el ruso también asistiese. No obstante, no consta que Mendeléiev interviniera en el Congreso, al menos de forma notoria. Pero sí fue cierto que quedó impresionado por la exposición que hizo Cannizzaro de sus ideas.

La trascendencia del Congreso para el futuro desarrollo de la química, lo manifestó el mismo Mendeléiev, quien hizo su resumen personal del Congreso: “En 1860, químicos de todas partes del mundo se reunieron en Karlsruhe, si no para unificar sus concepciones acerca de los átomos, al menos para entenderse sobre su representación definitiva”.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Muchos de los que entonces asistieron al Congreso se acordarán probablemente de cómo fueron vanas las esperanzas de llegar a un acuerdo, y cómo entonces los partidarios de la teoría unitaria, tan brillantemente representada por Cannizzaro, ganaron terreno. A pesar de que no se llegara a un acuerdo, los fines de la reunión fueron alcanzados, pues en pocos años se reconoció



que las ideas de Cannizzaro eran las únicas que podían resistir la crítica, y que representaban el átomo como la porción más pequeña de un elemento químico que entra en la molécula de sus compuestos químicos.

Desde que se dieron a conocer en 1860 los pesos atómicos determinados por Cannizzaro, muchos fueron los científicos que vieron en ellos la posibilidad de buscar una ordenación que permitiera su organización. Así, entre las más de cincuenta propuestas de clasificación periódica se pueden destacar las realizadas por Döbereiner, Newlands, de Chancourtois, Dumas, Strecker, Lenssen, Pettenhofer, Odling, Meyer y Mendeléiev. La clave estaba en los pesos atómicos propuestos por Cannizzaro en Karlsruhe. En menos de una década, todos ellos colaboraron para llegar a la propuesta de la tabla periódica moderna de los elementos químicos.

El químico alemán Meyer fue uno de los primeros en adoptar el sistema de Cannizzaro y divulgarlo entre los químicos alemanes al incorporarlo en su libro *“Las modernas teorías de la química y su importancia para la química estática”* en 1864, contribuyendo de este modo a la difusión de las nuevas ideas desarrolladas por Cannizzaro sobre la teoría atómica. El sistema propuesto por Cannizzaro presentaba para los químicos las siguientes ventajas:

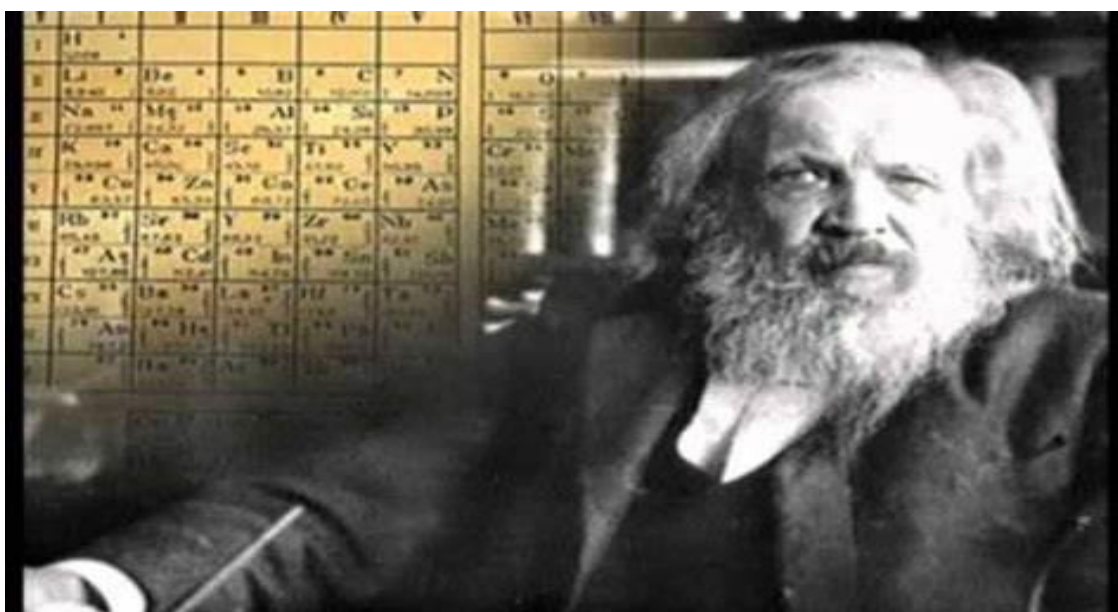
- 1) Un único peso atómico para cada elemento químico.
- 2) Las fórmulas de las sustancias simples tienen sentido y se pueden determinar con exactitud al dividir su peso molecular por el peso atómico del elemento químico y se obtiene la atomicidad de la sustancia simple.
- 3) Los pesos atómicos y sus fórmulas derivadas están de acuerdo con la ley de Dulong y Petit.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

La influencia que ejerció el Congreso de Karlsruhe y las ideas de Cannizzaro en el desarrollo de la ley periódica fueron reconocidas por Mendeléiev cuando escribió: “Considero como una etapa decisiva en el desarrollo de mi pensamiento sobre la ley periódica la del año 1860 en el congreso de Karlsruhe, en el que participé, y las ideas expresadas en el mismo por el químico Cannizzaro”. Le tengo por mi verdadero precursor, pues los pesos atómicos establecidos por él me han dado un punto de apoyo indispensable.

He observado que los cambios de los pesos atómicos que él proponía aportaban una nueva armonía a las agrupaciones de Dumas, y desde entonces tuve la intuición de una posible periodicidad de las propiedades de los elementos químicos siguiendo el orden creciente de los pesos atómicos. Me detuve, sin embargo, por la inexactitud de los pesos atómicos adoptados en la época; una sola cosa estaba clara: que había que trabajar en esa dirección.



Por otro lado, Meyer halló una interesante correlación entre los volúmenes de los elementos químicos y sus pesos atómicos en 1864, pero no la publicó hasta 1870, mientras que Mendeléiev utilizó su ley periódica de los pesos atómicos y la puso en limpio el día 1 de marzo de 1869, según el calendario gregoriano, y la mandó a la imprenta. Además, las conclusiones de Meyer eran más inciertas y no sabía cómo justificar las anomalías de su tabla: los elementos químicos que no seguían el orden establecido, los que no encajaban en el grupo que aparentemente les correspondía y la presencia de huecos de difícil explicación.

Material didáctico elaborado por:

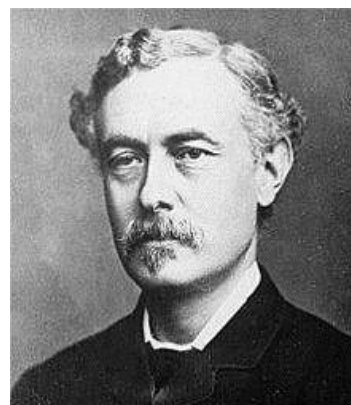
Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

Meyer no supo rebatir las críticas entre los hechos y su clasificación periódica; Mendeléiev por el contrario, pasó al ataque, ya que estaba dispuesto a defender su ley periódica hasta sus últimas consecuencias.

Tanto Meyer como Mendeléiev utilizaron los pesos atómicos adoptados por Cannizzaro, lo que significaba trabajar con los datos más fiables de la época, a pesar de que alguno de ellos fuera inexacto –como era el caso del peso atómico del titanio– y tuviera que ser corregido con posterioridad.

Hoy sabemos que en 1860, se conocían 59 elementos químicos. En cualquier caso, las ideas expresadas por Cannizzaro en su artículo del “Sunto” y defendidas con tanto ardor y brillantez en Karlsruhe, supuso un gran progreso no sólo en la química moderna, sino en la ciencia, en general, al poner orden en el caos reinante y establecer con claridad los conceptos de átomo, molécula, atomicidad, basicidad, peso atómico y peso molecular, que permitieron avanzar en el desarrollo de la tabla periódica de los elementos químicos y las pautas que orientaron el futuro de esta ciencia en los años siguientes.

En 1912, el profesor de química el inglés William Augustus Tilden (1842-1926) en una conferencia ante la Chemical Society concluyó: “Hay, de hecho, una única ciencia química y un único conjunto de pesos atómicos”. Era la mejor forma de reconocer al químico italiano Cannizzaro su aportación por haber conseguido que los verdaderos pesos atómicos permitieran a Meyer y Mendeléiev formular la ley periódica a finales de la década de 1860.



Tilden.

Se puede concluir que, además, de su contribución al desarrollo de la teoría atómica y molecular, el Congreso de Karlsruhe fue el primero en el que se abordaron grandes problemas químicos a escala supranacional. Fue el modelo a imitar en los años venideros para que los químicos pudieran resolver los problemas a nivel internacional cuando no podían solucionarse a nivel local.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

9. La continuidad en otros Congresos

Nuevas dificultades obligaron a convocar nuevos congresos internacionales. Así, en 1889, surgió el grave problema de nombrar los compuestos químicos orgánicos por lo que fue preciso convocar en París el Congreso Internacional de Químicos aquel mismo año.

Se constituyó una comisión interina, que elevó un informe al Congreso Internacional de Químicos celebrado en Ginebra en 1892, que fue aprobado por cerca de cuarenta químicos que asistieron, que supuso el primer intento de sistematizar la nomenclatura química orgánica. En dicho Congreso se generaron un conjunto de propuestas como la nomenclatura de compuestos orgánicos e inorgánicos, estandarización de constantes físicas, edición de tablas de propiedades de la materia y estandarización de los formatos de las publicaciones y medidas necesarias a adoptar para prevenir la repetición de artículos científicos.

El Congreso Internacional de Químicos continuó reuniéndose con regularidad hasta la Primera Guerra Mundial. Después de la guerra, era necesaria una organización internacional de químicos reconocida que hiciera posible el rápido progreso de la Química en las últimas décadas. En 1911, nace en París la Asociación Internacional de Sociedades Químicas, que daría paso en 1919 a la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC).



El acontecimiento de Karlsruhe situó a la Química en una posición como ciencia que hasta aquel momento aún no tenía. Desde entonces ha habido una enorme cantidad anual de reuniones de este tipo, cada vez más especializadas, lo que habla por sí solo del valor de estos encuentros. Algunos han marcado época, como el de Karlsruhe o como las Conferencias Solvay, organizadas inicialmente bajo el mecenazgo de Ernest Solvay (1838-1921), químico e industrial belga. Estas comenzaron en Bruselas en 1911, el mismo año que se creó la Asociación Internacional de Sociedades Químicas, y reunió a los más grandes científicos de la época.

Material didáctico elaborado por:

Dulce María de Andrés Cabrerizo. Catedrática de Física y Química de Enseñanza Secundaria.

10. Actividades

1. Cita alguna razón por la que el Primer Congreso Internacional de Química se celebró en la ciudad alemana de Karlsruhe.
2. ¿Por qué se atribuye el descubrimiento del oxígeno a Priestley y no a Scheele ni a Lavoisier?
3. En la formulación de los compuestos químicos, ¿quién tuvo más importancia Lavoisier o Berzelius?
4. ¿Cuál fue la importancia del descubrimiento de Volta de la pila eléctrica?
5. ¿Por qué no casa la ley de los volúmenes de combinación de los gases de Gay-Lussac con la teoría atómica de John Dalton?
6. ¿Por qué los químicos del siglo XIX se centraron en llamar peso y no masa a la cantidad de materia?
7. ¿Es cierto que el término peso equivalente tiene en la actualidad la misma utilidad que en los siglos XIX y XX?
8. ¿Por qué no se reconoce a Gaudin la importancia que dio en 1833 a la hipótesis de Avogadro de 1811?
9. Explica la teoría dualista de Berzelius, la unitaria de Dumas y la de los tipos de Gerhardt.
10. ¿Cuál era el significado del término radical en el siglo XIX?
11. Pon un pie a las imágenes de los siguientes químicos del siglo XIX:



12. ¿Por qué el artículo del "Sunto" de Cannizzaro fue considerado como revolucionario?
13. Explica cuál era el caos en la Química antes del congreso de Karlsruhe.
14. ¿Influyó el Congreso de Karlsruhe en el trabajo de Mendeléeiev?
15. ¿Cuál fue el papel del Congreso de Karlsruhe en la Química como ciencia?
16. ¿Pudo aparecer la IUPAC sin el Congreso previo de Karlsruhe?