

54:93

ARA

NIS177385

DE CONSULTA

030069

Historia de la Química

De Lavoisier a Pauling

Francisco Aragón de la Cruz



54:93 ARA

Historia de la química: De Lavoisier a Pauling

Aragón de la Cruz, Francisco



FQ/30069



**EDITORIAL
SÍNTESIS**

Índice

<i>Prólogo</i>	13
<i>Introducción</i>	15
1 <i>De la Alquimia a la teoría atómica de Dalton</i>	21
Resumen	21
1.1. Antecedentes de la Química	21
1.1.1. La herencia de la Alquimia	22
1.1.2. La herencia médica	25
1.1.3. La Iatroquímica	25
1.1.4. La tecnología	26
1.2. Buscando nuevos caminos	26
1.2.1. Descubrimiento de nuevos metales	28
1.2.2. Robert Boyle	28
1.3. La teoría del flogisto, una teoría con rigor científico	29
1.3.1. Su papel en la obtención de nuevos metales	29
1.3.2. Antecedentes a la Química neumática	32
1.3.3. Resultados	32
1.4. Se abre una nueva etapa de la Química	32
1.4.1. La Química neumática	32
1.5. Lavoisier y la nueva Química	39
1.5.1. La Académie Royale des Sciences	40
1.6. Descubridores españoles de nuevos elementos químicos	43
1.6.1. Lavoisier y el descubrimiento del oxígeno	45
1.6.2. Lavoisier y su nueva teoría de la oxidación	47
1.6.3. Libros publicados por Lavoisier	47

1.6.4. Primeras ediciones del <i>Traité Elémentaire de Chimie</i>	47
1.6.5. La Tabla de los elementos químicos del <i>Tratado elemental de Química</i> de Lavoisier	48
1.6.6. La Revolución francesa y sus efectos sobre la ciencia	49
1.7. Proust (1754-1826) en España y su actividad química	52
1.8. Fenómenos de neutralización	57
1.9. Ley de las proporciones definidas de Proust	59
1.10. Ley de las proporciones múltiples de Dalton	62
Bibliografía	62
2 De Dalton a Prout	63
Resumen	63
2.1. Dalton y la teoría atómica	63
2.2. Ley de los gases de Henry	67
2.2.1. Resultados de la teoría atómica	69
2.3. Berzelius y los símbolos atómicos	70
2.3.1. Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)	71
2.4. Gay-Lussac y la combinación volumétrica de los gases	76
2.5. Hipótesis de Avogadro	78
2.6. Resultados de este período de trabajo químico	82
2.7. El descubrimiento de la electricidad química	83
2.7.1. El descubrimiento de Galvani	83
2.7.2. Alessandro Volta (1745-1827)	84
2.8. Humphy Davy y Benjamín Thomson (Conde Rumford)	87
2.8.1. Labor científica de Davy	89
2.9. Estudios sobre la electricidad	90
2.10. La obtención de los metales alcalinos y alcalinotérreos	90
2.11. La teoría de los ácidos de Lavoisier	92
2.11.1. La teoría del muriático	93
2.11.2. Naturaleza elemental del cloro	94
2.12. La teoría hidrogénica de los ácidos	95
2.13. Teoría de la afinidad	96
2.14. Davy y Faraday	96
2.15. Berzelius y la teoría dualista	101
2.15.1. Conclusiones	103
2.16. El problema de los pesos atómicos	104
2.16.1. El avance en el cálculo de los pesos atómicos	104
2.16.2. Ley de Dulong y Petit	106
2.16.3. La ley del isomorfismo	108

2.17. Berzelius y el radical muriático	110
2.18. Berzelius y el supuesto contenido de oxígeno en el amoniaco	111
Bibliografía	111
3 De la hipótesis de Prout al Congreso de Karlsruhe	113
Resumen	113
3.1. Hipótesis de Prout	113
3.2. Ideas químicas del siglo XIX sobre algunos elementos y compuestos ..	115
3.3. Descubrimiento del cloro como elemento químico	116
3.4. Descubrimiento del yodo	117
3.5. Descubrimiento del bromo	118
3.6. Los comienzos de la Química Orgánica	119
3.7. El vitalismo: el origen de la vida en la Tierra	120
3.8. El descubrimiento de la isomería	127
3.9. Análisis orgánico elemental	129
3.10. Determinación del nitrógeno	130
3.11. La teoría de los tipos	131
3.12. El Congreso de Karlsruhe y Cannizzaro	142
3.12.1. Organización del Congreso de Karlsruhe	146
3.12.2. Bases de las ideas de Cannizzaro	149
Bibliografía	150
4 Evolución histórica de la clasificación de los elementos químicos	151
Resumen	151
4.1. Concepto de clasificación de los elementos químicos	151
4.2. Sistemas numéricos de clasificación de los elementos químicos ...	155
4.3. Clasificación periódica de los elementos químicos	156
4.4. La ley periódica de Mendeleiev y Lothar Meyer	157
4.5. La introducción del Sistema Periódico en España	159
Bibliografía	162
5 Estructuras de los compuestos aromáticos	163
Resumen	163
5.1. La estructura del benceno: los diferentes modelos propuestos a lo largo del siglo XIX	163
5.2. El carbono alifático: su estructura tridimensional	167
Bibliografía	167

6	<i>Descubrimiento de nuevos elementos químicos después de 1860</i>	169
	Resumen	169
	6.1. El espectroscopio y los espectros de los gases	169
	6.2. Descubrimiento del cesio	171
	6.3. Descubrimiento del rubidio	173
	6.4. Descubrimiento del talio	173
	6.5. Descubrimiento del indio	175
	Bibliografía	177
7	<i>Descubrimiento de los gases nobles y Teoría de las soluciones: de François-Marie Raoult a August Arrhenius</i>	179
	Descubrimiento de los gases nobles: resumen.....	179
	7.1. Helio	180
	7.2. Argón	184
	7.3. Otros gases nobles o inertes	187
	Teoría de las soluciones: resumen	189
	7.4. La ósmosis	189
	7.5. Medida de la presión osmótica	190
	7.6. Leyes de la presión osmótica	190
	7.7. La disociación electrolítica	191
	Bibliografía	193
8	<i>Radiactividad y estructura de la materia. Flúor y compuestos de los gases nobles</i>	195
	Resumen	195
	8.1. Los espectros de los gases	196
	8.2. La descarga eléctrica a través del gas contenido en un tubo, y sus consecuencias	198
	8.3. Características observables de los rayos catódicos	199
	8.4. Buscando una explicación con base más experimental	203
	8.5. El efecto Zeeman	207
	8.6. e/m de las partículas fotoeléctricas	209
	8.6.1. Partículas procedentes de metales incandescentes	210
	8.6.2. Partículas de sustancias radiactivas	210
	8.7. Conclusiones	210
	8.8. Descubrimiento de los rayos X	211

8.8.1. Aplicación inmediata de los rayos X.....	215
8.8.2. Primeros indicios de la existencia de los rayos X.....	215
8.9. Los rayos X: ondas o corpúsculos	217
8.9.1. La difracción de los rayos X.....	218
8.10. Henry G. J. Moseley y la clasificación periódica de los elementos en función del número atómico	220
8.11. La radiactividad	220
8.11.1. Torio	224
8.11.2. Polonio	225
8.11.3. Radio	227
8.12. Descubrimiento del flúor	231
8.13. Compuestos de los gases nobles	233
Bibliografía	234
9 <i>Los modelos atómicos desde Thomson (1904) a Bohr (1913)- Sommerfeld (1916), "en busca de una utopía"</i>	235
Resumen	235
9.1. Los modelos atómicos de J. J. Thomson y de Nagaoka	236
9.2. Aparecen los modelos atómicos cuánticos	237
9.3. Louis de Broglie	240
9.4. Génesis y desarrollo de la teoría cuántica onda-corpúsculo.....	241
9.5. Breve cronología de Louis de Broglie	244
Bibliografía	244
10 <i>El origen de la vida en la Tierra: un ejemplo de enseñanza multidisciplinar de la Ciencia</i>	245
Resumen	245
10.1. El problema del origen de la vida en la Tierra	246
10.2. Cosmoquímica	251
10.3. Los minerales de la arcilla y el origen de la vida	255
10.4. El ozono y la conservación de la vida en la Tierra	257
10.5. Los cometas y el origen de la vida en la Tierra	257
10.6. ¿Hay vida fuera del sistema solar?	258
10.7. Linus Pauling (1901-1994)	262
Bibliografía	263

11	<i>El modelo atómico de Bohr-Sommerfeld y la investigación de la Física en España durante el primer tercio del siglo XX</i>	265
	Resumen	265
	11.1. Miguel Catalán	266
	11.2. Blas Cabrera	268
	11.3. Enrique Moles	270
	Bibliografía	270

Introducción

La Química en forma de Alquimia tiene su desarrollo en la Europa medieval, sus raíces vienen de las culturas antiguas, egipcia, asiria, griega, romana, y comienza a iniciar un esfuerzo de sistematización, imposible de conseguir por la falta de una doctrina científica aceptada por el conjunto de los alquimistas.

Su interés práctico, como el de toda ciencia experimental, será la búsqueda de la "piedra filosofal", que permita la transmutación de los elementos químicos, y de este modo obtener "oro", el metal noble por excelencia.

Sus esfuerzos producirán una abundancia de conocimientos químicos, tales como la obtención del ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico, disolventes de metales como el agua regia, conocimiento de muchas sales, la destilación de productos naturales, obtención de alcohol etílico, etc.

Una segunda dirección de la Química medieval será de carácter técnico, metalurgia y cerámica. La tercera dirección será la obtención de medicamentos y drogas, en busca de otra quimera, "la eterna juventud"; esta especie de Química farmacéutica, recibirá el nombre de "Iatroquímica", y a ella se consagrarán numerosos médicos.

Esta etapa de la Química, de modo especial la última, la "Iatroquímica", se cultivará incluso en los siglos XVI y XVII.

A todos estos estudios les falta una doctrina científica, han originado un amplio conocimiento sobre obtención de compuestos químicos y métodos operativos, así como instrumentos de laboratorio para su preparación, pero ha llegado un momento en el que caminan a ciegas: "los árboles les impiden ver el bosque".

En esta situación nos encontramos en 1700; un médico alemán, Stahl (1660-1734), desarrolla la teoría que necesita la Química para pasar a ser una ciencia experimental, y no un recetario de preparados químicos, y será llamada "del flogisto".

La teoría del flogisto durará en el campo de la ciencia hasta 1774; desaparece con la aparición de Lavoisier con su teoría del oxígeno y su mecanismo de la óxido-reducción; este químico la transforma en la llamada Química moderna.

Pero, en este siglo que comienza y terminará con la doctrina de Lavoisier, habrá una intensa actividad química.

¿En qué consiste la teoría del flogisto? Hoy resulta complicada: a las cales (óxidos metálicos), cuando se les introduce flogisto mediante carbón (sustancia rica en flogisto), se transforma en metales (cal + flogisto); y pierden peso, pues el flogisto tiene peso negativo.

Si pensamos que el flogisto es el llamado "gas electrónico" del enlace metálico, que proporciona las propiedades del enlace metálico, y que los metales se obtienen por la reducción de sus óxidos por carbón, encontramos una lógica y un método de razonar para la obtención y descubrimientos de nuevos elementos, cromo, manganeso, y en general todos aquellos cuyos óxidos o cales eran conocidos en el siglo XVIII y podían ser reducidos por carbón; de este modo los hermanos Elhuyar descubrieron y obtuvieron el wolframio.

Pero sabemos que hay un límite, aquellos metales cuyos óxidos escapan al poder reductor del carbón.

Para obtenerlos, hay que aguardar a la aparición de Volta (1745-1827) y su pila eléctrica a principios del siglo XIX, para obtener los metales alcalinos y alcalinotérreos, y a partir de ellos, como reductores, los metales que mediante la electrólisis de sus sales o sus óxidos fundidos eran difíciles de obtener; un ejemplo es el titanio.

La teoría del flogisto, útil para la metalurgia, muestra sus limitaciones cuando se desarrolla la Química neumática o estudios de los gases, en el siglo XVIII, de modo preferente los de la atmósfera.

Esta teoría no puede explicar el carácter inerte del nitrógeno atmosférico que para ella es un "aire flogisticado" (carácter reductor), frente al oxígeno (aire deflogisticado), por su carácter oxidante.

Será Lavoisier, rompiendo esa nomenclatura y creando el nombre de oxígeno para el "aire deflogisticado" descubierto por Priestley (1733-1804) y aplicando con la balanza el principio de conservación de la materia en toda reacción química, quien explique la formación de las cales, como la combinación del metal con el oxígeno. Desarrolló una nueva nomenclatura química, la actual, con la ayuda de otros químicos franceses, aunque falló en la creación de una nueva formulación química; los símbolos modernos aparecerán a mediados del siglo XIX gracias a Berzelius (1779-1848).

La formulación actual también se debe a Berzelius, pero tardará más en madurar y ser aceptada en el mundo químico.

Volvamos a Lavoisier, ya tenemos una nomenclatura moderna para denominar los óxidos, las sales, los ácidos, etc.; a continuación, ya muerto Lavoisier como con-

secuencia de los excesos de la Revolución francesa, Dalton (1766-1844), químico inglés, en 1808 expone su teoría atómica; según ésta los átomos son esferas sólidas cuyo tamaño y propiedades dependen de cada elemento químico, y ayudará a explicar las leyes cuantitativas de la Química que están apareciendo en ese tiempo: la de las proporciones definidas (Proust), proporciones múltiples (Dalton), de los volúmenes de los gases en una reacción química (Gay-Lussac), y otras.

La Química ha entrado ya en el siglo XIX, el de la Revolución Industrial, a la que prestará una importante ayuda, pero además en su evolución y desarrollo ha conseguido unas alas y vuela como los pájaros.

Aumenta el número de los elementos conocidos y compuestos bien determinados, además comienzan a establecerse con lentitud pero con paso firme los pesos atómicos, para lo que será de gran ayuda la ley de Dulong (1785-1838) y Petit (1791-1820) sobre calores específicos y pesos atómicos, ley que sólo sirve para sustancias sólidas, y la ley del isomorfismo de Mitscherlich (1794-1863); también las fórmulas de los compuestos empiezan a ser correctas.

La Electroquímica, además de su contribución al descubrimiento de nuevos elementos, gracias a Daby (1778-1829) y a Faraday (1791-1867), nos introduce en el concepto químico de equivalente y su diferencia con el peso atómico.

El punto culminante de la Electroquímica en la obtención de elementos químicos será la obtención del flúor por Moissan (1852-1907) a finales del siglo XIX.

De todas formas el siglo XIX no es un camino de pétalos de rosas, pues el debate entre los químicos es duro; el concepto de átomo es útil, pero químicos famosos no lo aceptan, opinan que no lo necesitan para sus investigaciones, y prefieren el uso del equivalente químico que pueden medir con rigor en la electrólisis, utilizando una determinada cantidad de corriente eléctrica que pasa por la cuba electrolítica (96.500 culombios).

Falta ahora darle forma científica a la Química Orgánica; es necesario conseguir un modelo de enlaces químicos para el átomo de carbono, cosa que logrará Kekulé (1829-1896), tanto para el carbono alifático como para el aromático, a partir de sus publicaciones, la gran cantidad de datos analíticos de los compuestos del carbono se clarificará, se distinguirán dos ramas, la alifática o grasa, y la aromática, y su impacto en la química de los colorantes artificiales y de los medicamentos será destacada.

Con la síntesis de la urea por Wöhler (1800-1882) y la del ácido acético por Kolbe (1818-1884), ambos discípulos de Berzelius, la Química Orgánica sale de su limitación de los compuestos pertenecientes a la materia viva y se sintetizan sustancias que no pertenecen al mundo biológico.

Pasteur (1822-1895) explica la isomería óptica en las moléculas orgánicas, separándolas por diferentes métodos, pero siempre interviniendo, de algún modo, la vida en estas operaciones.

Werner (1866-1919), años después, prepara compuestos inorgánicos, sin ningún ligando orgánico, que presentan actividad óptica, separándolos por los mismos métodos utilizados por Pasteur.

Wan't Hoff (1852-1911) introduce las moléculas orgánicas en el mundo tridimensional, y así se puede conocer su estructura y de ahí sus diferentes isómeros.

Por fin, en septiembre de 1860, 140 químicos se reúnen en una ciudad alemana, Karlsruhe, donde se va a celebrar el primer "Congreso de químicos", así lo llaman sus organizadores, y los químicos más famosos de Europa acuden a la cita. Participó un español, De Luna, catedrático de Química de la Universidad de Madrid; se discute y al final se acepta el concepto de átomo, molécula y equivalente químico.

La hipótesis de Avogadro, necesaria para explicar la ley de Gay-Lussac (siguiendo la teoría atómica de Dalton), y hacerla coherente con las leyes ponderales ya conocidas, no aceptada desde hacía décadas por los químicos, es retomada por Cannizzaro (1826-1910), alma del congreso, y por fin se comprende su necesidad para la racionalización de los mecanismos de reacción de los gases: "volúmenes iguales de gases diferentes tienen igual número de moléculas a igual temperatura". Esto no era aceptado por la teoría de Dalton, pues los átomos, como perdigones de distinto tamaño según el elemento químico al que pertenecen, llenan de forma compacta un volumen determinado, rodeados de una capa de calórico, pero sin agitación térmica, y continuaba Avogadro: "la mayoría de las moléculas de los gases conocidos son diatómicas". Gracias a esta hipótesis, la ley de Gay-Lussac se podía explicar utilizando la teoría atómica de Dalton, si en la reacción intervenían moléculas formadas por dos átomos; son ejemplos de ello la formación del agua a partir de hidrógeno y oxígeno, o la del cloruro de hidrógeno a partir de hidrógeno y cloro.

A todos los participantes del congreso, a la hora de despedirse, se les entregó un artículo de Cannizzaro, con una nueva visión de la teoría química siguiendo la hipótesis de Avogadro.

Mendeleiev (1834-1907) y Lothar Meyer (1830-1895), presentes en el congreso, de regreso a sus lugares de trabajo elaboraron independientemente sus tablas periódicas de clasificación de los elementos químicos en función del incremento en sus pesos atómicos.

Los *éxitos*: la predicción de nuevos elementos, hechos por Mendeleiev, según los huecos que él dejaba en la Tabla; de entre ellos, surgieron el galio, el germanio y el escandio, y el alterar el orden de situar algunos elementos saltándose la norma de incremento del peso atómico.

Todo esto y algunas otras anomalías hicieron pensar a los químicos interesados en este tema que el modelo atómico de Dalton, en el que se basaban la Tabla Periódica de Mendeleiev y la de Lothar Meyer, había quedado desbordado; la clasificación de los elementos en la Tabla radicaba en alguna propiedad situada en el interior del átomo, en esos momentos imposible de conocer; el átomo no era una esfera sólida,

había que penetrar en su interior, y así conocer otro problema que preocupaba a los químicos: “la naturaleza del enlace químico”, lo que entonces se llamaba “valencia”, una palabra sin respaldo científico, sólo experimental, pues, según la teoría de la polaridad (átomos de polaridad positiva se unen a otros que la tienen negativa en relación a ellos); esta teoría ideada por Berzelius era incompatible con el enlace de las moléculas de cloro, bromo o hidrógeno, al no existir diferencia de polaridad entre los átomos enlazantes.

Ya en el siglo XX comienzan a aparecer soluciones en los modelos atómicos de Bohr (1885-1962) y Sommerfeld (1868-1951), en el campo de la Física, y el modelo de Lewis (1875-1946) y Langmuir (1881-1957) de electrones estáticos, muy útil para iniciar la explicación del enlace químico de naturaleza covalente.

Pero antes será necesario descubrir el electrón (1897) por J. J. Thomson (1846-1940), y la naturaleza de los rayos X, descubiertos por Roentgen (1845-1923).

Posteriormente, las experiencias de difracción de rayos X, en la redes cristalinas de los elementos y de los compuestos químicos por Laue (1879-1960) en Alemania, y por Bragg padre (1862-1952) e hijo, en Inglaterra, ambos de forma independiente, permitieron conocer la estructura de las sustancias químicas y tener evidencia experimental de la existencia de los átomos.

Moseley (1887-1915), estudiando la radiación de los rayos X característica de cada elemento, descubrió la causa del orden en la Tabla Periódica de los elementos: era el número de cargas positivas del núcleo atómico, y no el peso atómico; las anomalías en el orden de la Tabla de Mendeleiev desaparecieron.

En 1923 Louis de Broglie demostró de forma teórica, basándose en razonamientos de la Física cuántica combinados con otros de la Física clásica, que cada partícula (electrón) debe tener una onda asociada a ella, teoría demostrada experimentalmente por G. P. Thomson y C. J. Davisson independientemente; la difracción de electrones ha tenido una amplia aplicación para conocer la estructura de sustancias microcristalinas que no podían obtenerse mediante difracción de rayos X; aparte de que, como microscopio, su poder de resolución es muy superior al óptico.

La teoría onda corpúsculo de Louis de Broglie la desarrolla E. Schrödinger en su mecánica cuántica de amplios resultados para el conocimiento del enlace químico, destacando los estudios de L. Pauling con su teoría sobre la resonancia en estructuras moleculares.

Al mismo tiempo, el campo de la Química se ha ampliado, su conocimiento va desde las entrañas de la Tierra, Geoquímica, hasta más allá del sistema planetario, Cosmoquímica; desde la estructura y composición química de la molécula que contiene la transmisión de la herencia biológica, el ADN, hasta la búsqueda de los mecanismos químicos que permitan aproximarnos a explicar el origen de la vida en la Tierra y en el Universo, Química de síntesis prebióticas; o hacia el interior del átomo, Química nuclear.

Historia de la Química

Sabemos de dónde hemos partido, dónde estamos, pero ¿hasta dónde llegaremos? El planeta Tierra tuvo un principio en el tiempo y en el espacio, y tiene un final; si éste llega antes de su final cósmico (por explosión del Sol cuando llegue a ser una supernova), será antes o después y la Química podría decidirlo.

Prólogo

Querido lector: Aquí tienes un libro de Historia de la Química, fruto de los cursos impartidos sobre esta disciplina en la universidad, a nivel de licenciatura y de doctorado. El libro hace un recorrido por la Historia de la Química desde la Alquimia hasta mediados del siglo XX, pero la mayor parte se dedica a la Historia de la Química moderna, que se ha fijado con dos figuras emblemáticas: Antoine Laurent Lavoisier y Linus Pauling, éste premio Nobel de Química y de la Paz, figura clave en la investigación en el siglo XX. Se ha elegido este intervalo por ser la parte más atrayente de la Historia de la Química y estar situado dentro de nuestra cultura actual.

En este recorrido histórico se ha descrito la participación española cuando ésta ha sido relevante, algo olvidado en los libros extranjeros; se han dedicado algunos capítulos a temas de Historia de la Física que han impulsado la investigación química (descubrimiento del electrón, de los rayos X, modelos atómicos, radiactividad...). Hay un capítulo dedicado al problema, desde la Química, de la Historia del origen de la vida en la Tierra, y su conexión con otras ramas de la ciencia experimental y de la historia.

El libro va dirigido a estudiantes universitarios y a personas con inquietud cultural que deseen penetrar en esta área de conocimiento.