ÍNDICE

- Alquimia Pág. 1

- Alquimia Griega Pág. 4
- Alquimia China Pág. 5
- Alquimia Árabe Pág. 7
- Alquimia Hindú Pág. 8
- Alquimia en la Edad Media Pág. 9
- Alquimia en el Renacimiento Pág. 12

- Nuevos campos de la química Pág. 16

- Investigaciones recientes en química Pág. 18

- Energía Solar Pág. 18
- Energía Nuclear Pág. 19
- Fusión Nuclear Pág. 19
- Otros avances Pág. 20

- La industria química Pág. 21

- La química y la sociedad Pág. 22

- El nacimiento de la química moderna Pág. 23

- Tecnología y filosofía en la antigüedad Pág. 24

- Filosofía natural griega Pág. 25

- Bibliografía Pág. 26

ALQUIMIA

Técnica antigua practicada especialmente en la edad media, que se dedicaba principalmente a descubrir una sustancia que transmutaría los metales más comunes en oro y plata, y a encontrar medios de prolongar indefinidamente la vida humana.

La alquimia fue en muchos sentidos la predecesora de la ciencia moderna, especialmente de la ciencia química.

La alquimia nació en el antiguo Egipto, y empezó a florecer en Alejandría, en el periodo helenístico. Se considera que los escritores de algunos de los primeros filósofos griegos contienen las primeras teorías químicas. Zósimo de Tebas (alrededor del 250–300), descubrió que el ácido sulfúrico era un disolvente de metales y liberó oxígeno del óxido rojo de mercurio.

El concepto fundamental de la alquimia procedía de la doctrina aristotélica de que todas las cosas tienden a alcanzar la perfección. Puesto que otros metales eran considerados menos perfectos que el oro, era razonable suponer que la naturaleza formaba oro a partir de esos metales en el interior de la Tierra, y con habilidad y la diligencia suficientes, un artesano podría reproducir este proceso en el taller. Al principio, los esfuerzos hacia

este objetivo eran empíricos y prácticos.

Durante los califatos de los Abasidas desde 750 a 1258, floreció en Arabia una escuela de farmacia. El primer trabajo conocido de esta escuela es la obra titulada *De alchemia traditio summae perfectionis in duos libros divisa*, atribuida al científico y filósofo árabe Abú Musa al-Sufí, conocido en Occidente como Geber; este trabajo podemos considerarlo como el tratado más antiguo sobre química propiamente dicha. Los alquimistas árabes se familiarizaron con lo que actualmente llamamos reactivos químicos. Creían que los metales eran cuerpos compuestos, formados por mercurio y azufre en diferentes proporciones. Su creencia científica era el potencial de transmutación.

La alquimia, se transmitió a Europa a través de España, gracias al florecimiento que las ciencias y las artes experimentaron en Al-Andalus durante la edad media. Los primeros trabajos existentes de la alquimia europea son los del monje Roger Bacon y el filósofo alemán Alberto Magno.

Roger Bacon creía que el oro disuelto en agua regia era el elixir de la vida. Alberto Magno dominaba la práctica química de su época. En el siglo XV, el filósofo escolástico italiano santo Tomás de Aquino, el polígrafo mallorquín Ramón Llull y el monje benedictino Basil Valentine contribuyeron mucho, por la vía de la alquimia, al progreso de la química, con sus descubrimientos de los usos del antimonio, la fabricación de amalgamas y el aislamiento del espíritu del vino, o alcohol etílico.

Las recopilaciones importantes de fórmulas y técnicas de este periodo incluyen *Pirotecnia* (1540), del metalúrgico italiano Vannoccio Biringuccio; *Acerca de los metales* (1556), del mineralogista alemán Georgius Agricola; y *Alquimia* (1597); de Andreas Libavius, un naturalista y químico alemán.

El más famoso de todos los alquimistas fue el suizo Paracelso, que vivió en el siglo XVI. Mantenía que los elementos de los cuerpos compuestos eran sal, azufre y mercurio. Esos métodos fueron promovidos por Paracelso. Paracelso pasó la mayor parte de su vida disputando violentamente con los médicos de la época, y en el proceso fundó la ciencia de la iatroquímica (uso de medicinas químicas), precursora de la farmacología. Él y sus seguidores descubrieron muchos compuestos y reacciones químicas. Modificó la vieja teoría del mercurio-azufre sobre la composición de los metales, añadiendo un tercer componente, la sal. Declaró que cuando la madera arde lo que se quema es azufre, lo que se evapora es mercurio y lo que se convierte en cenizas es sal. Su hincapié en el azufre combustible fue importante para el desarrollo posterior de la química. Los iatroquímicos que seguían a Paracelso modificaron parte de sus ideas más extravagantes y combinaron las fórmulas de él con las suyas propias para preparar remedios químicos. A finales del siglo XVI, Andreas Libavius publicó su *Alchemia*, que organizaba el saber de los iatroquímicos y que se considera a menudo como el primer libro de química.

Después de Paracelso, los alquimistas de Europa se dividieron en dos grupos. El primero estaba compuesto por aquellos que se dedicaron intensamente al descubrimiento científico de nuevos compuestos y reacciones; estos científicos fueron los antecesores legítimos de la química moderna, tal como lo anuncia el trabajo del químico francés Antoine Lavoisier. El segundo aceptó la parte visionaria y metafísica de la vieja alquimia y desarrolló una práctica, basada en la impostura, la magia negra y el fraude, de la que se deriva la actual noción de alquimia.

Pensaban que los metales de la Tierra tendían a ser cada vez más perfectos y a convertirse gradualmente en oro, y creían que podían realizar el mismo proceso más rápidamente en sus talleres, transmutando así de forma artificial los metales comunes en oro. Comenzando el año 100 de la era cristiana, esta idea dominaba la mente de los filósofos y los trabajadores del metal, y se escribió un gran número de tratados sobre el arte de la transmutación que empezaba a conocerse como alquimia. Aunque nadie consiguió hacer oro, en la búsqueda de la perfección de los metales se descubrieron muchos procesos químicos.

Los chinos consideraban al oro como una medicina que podía conferir larga vida o incluso la inmortalidad a

cualquiera que la consumiera. Al igual que los egipcios, los chinos aumentaron sus conocimientos de la química práctica a partir de teorías incorrectas.

Alquimia Griega:

Los orígenes de la química se pierden en la noche de los tiempos. Estos orígenes son técnicos y mágicos a la vez. Cuando se funda la civilización griega, ya se conocen el cobre, el bronce y el hierro; el oro y la plata se usan para ornamentos y el plomo fácil de trabajar está lejos de ser ignorado. Se conoce la manera de obtener tintes (púrpura del múrex), de fundir los esmaltes y desde la más remota antigüedad, se extrae el cinabrio (sulfuro rojo), un líquido brillante como la plata, muy pesado y que posee todas las propiedades de un metal.

Los primeros filósofos griegos, cuyo método de planteamiento de la mayor parte de los problemas era teórico y especulativo, llegaron a la conclusión de que la tierra estaba formada por unos cuantos elementos o sustancias básicas. Empédocles de Agrigento, alrededor del 430 a.C. estableció que tales elementos eran cuatro: tierra, aire, agua y fuego. Un siglo más tarde, Aristóteles supuso que el cielo constituía un quinto elemento, el éter. Los griegos creían que las sustancias de la tierra estaban formadas por las distintas combinaciones de estos elementos en distintas proporciones.

Los griegos se planteaban la cuestión de si la materia era continua o discontinua, es decir si podía ser dividida y subdividida indefinidamente en un polvo cada vez más fino, o si, al término de este proceso se llegaría a un punto en el que las partículas fuesen indivisibles. Leucipo de Mileto y su discípulo Demócrito de Abdera (aprox 450 a.C.) insistían en que la segunda hipótesis era la verdadera. Demócrito dio a estas partículas el nombre de átomos (o sea no divisible). Llegó incluso a sugerir que algunas sustancias estaban compuestas por diversos átomos o combinaciones de éstos. También pensaba que una sustancia podía convertirse en otra al ordenar sus átomos de diferente manera. Si tenemos en cuenta que es sólo una sutil hipótesis, es sorprendente la exactitud de esta intuición. Pese a que la idea pueda parecer hoy evidente, estaba muy lejos de serlo en la época en que Platón y Aristóteles la rechazaron.

En el 600 a.C. el filósofo griego Tales de Mileto descubrió que una resina fósil descubierta en las playas del Báltico, a la cual nosotros llamamos ámbar y ellos llamaron *elektron* tenía la propiedad de atraer plumas, hilos o pelusa al ser frotada con un trozo de piel.

El pensamiento alquímico de la antigua Grecia se basó en teorías y especulaciones y muy pocas veces en la experimentación. Muchas de las escrituras griegas del tema se conservaron y despertó el estudio de esta ciencia en la edad media.

Alquimia China

Resulta muy complicado determinar la aparición de la alquimia en el pensamiento humano pero las evidencias parecen demostrar que ésta se desarrolló antes en China que en Occidente. La alquimia china está relacionada con propósitos más antiguos que la metalurgia o la medicina. Planteaba la inmortalidad física y se remonta al siglo 8 a.C. Para el siglo 4 a.C. planteaba que esto se lograría con drogas mágicas denominadas el elixir de la vida, y lo planteaba como una solución de oro lo cual era hipotético por la dificultad de disolver oro.

Son posibles las influencias indias ya que la alquimia china es muy similar a la india. Tal vez la alquimia se desarrolló en China como un asunto doméstico. Se le asoció al taoísmo, religión mística formada en el siglo 6 a.C.

Los tratados sobre alquimia más antiguos conocidos relacionan a la alquimia con las matemáticas místicas de 64 hexagramas (figuras de 6 líneas usadas para adivinación). La relación con la práctica química es tenue pero

menciona algunos materiales e implica operaciones químicas. El primer alquimista chino que fue razonablemente conocido fue Ko Hung (283–343 d.C.), quien escribió un libro conteniendo obscuras recetas para elixires, en su mayor parte compuestos de arsénico y mercurio. El libro alquímico chino más famoso es el Tan chin yao chuen (grandes secretos de la alquimia), probablemente escrito por Sun Ssu-miao (581–673 d.C.), y es un tratado práctico en la creación de elixires (mercurio, azufre y las sales de mercurio y arsénico son prominentes) para lograr la inmortalidad, plantea otras sustancias para la cura de enfermedades y la fabricación de piedras preciosas.

Sin embargo, las igualdades entre los materiales usados en la alquimia china, hindú y occidental son más sorprendentes que sus diferencias. De todas maneras la alquimia china difiere de la occidental por sus objetivos. Mientras que en occidente los objetivos principales eran la transmutación de sustancias y los elixires de inmortalidad, ninguno de estos dos objetivos parecen haber sido muy importantes en China.

La alquimia china fue consistente desde el principio, y hubo una pequeña controversia en su historia. Los alquimistas chinos han variado sus recetas para los elixires de la inmortalidad o talvés sólo cambiaron sus nombre; de todas formas se han encontrado aproximadamente 1000 recetas. En occidente había conflictos entre los partidarios de la farmacia química y hierbal. En China los remedios minerales fueron siempre aceptados. En Europa había conflictos entre los que pensaban que el objetivo principal de la alquimia era hacer oro y los que creían que era el desarrollo de nuevas medicinas. En China este último fue el dominante.

La alquimia china siguió su propio camino mientras que en occidente las numerosas promesas religiosas de la inmortalidad hicieron que la alquimia no tuviera como prioridad lograr la inmortalidad. Las deficiencias de la religión china le dieron a la alquimia la oportunidad de llenar ese lugar. Muchos de los elixires desarrollados por los chinos eran venenosos lo que llevó a los alquimistas chinos a moderar se peligrosidad variando sus ingredientes o por medio de manipulaciones químicas. El gran deseo de los chinos por la inmortalidad llevó al historiador inglés de la ciencia Joseph Needham a realizar una lista sobre los emperadores chinos que murieron por envenenamiento a causa de la ingestión de dichos elixires. Finalmente una sucesión de muertes reales hicieron a los alquimistas y emperadores mas cuidadosos y la alquimia china desapareció. Talvés el pueblo chino adoptó el budismo que ofrecía formas más fáciles de lograr la inmortalidad.

Uno de los descubrimientos químicos más grandes fue la pólvora desarrollada en China (mezcla de salitre, azufre y carbón). Los chinos la conocían desde mucho antes que en occidente aunque estos la usaban para hacer fuegos artificiales. La pólvora llegó a Europa en el Siglo 13.

Alquimia Árabe

La alquimia árabe es tan misteriosa en sus orígenes como la griega. Durante los califatos de los Abasidas desde 750 a 1258, floreció en Arabia una escuela de farmacia. El primer trabajo conocido de esta escuela es la obra que se difundió en Europa en su versión latina titulada *De alchemia traditio summae perfectionis in duos libros divisa*, atribuido al científico y filósofo árabe Abú Musa al-Sufí, conocido en Occidente como Geber; este trabajo, que podemos considerar como el tratado más antiguo sobre química propiamente dicha, es una recopilación de todo lo que se creía y se conocía por entonces

Algunos historiadores sugieren que la alquimia árabe descende de una escuela asiática occidental mientras que la alquimia griega descende de una escuela egipcia. Esta escuela asiática no es ni china ni india. Se puede afirmar que la alquimia árabe estaba asociada con una ciudad específica en Siria, Harran, que, según parece, fue en la que se desarrollaron la mayor parte de los conocimientos alquímicos árabes.

Los alquimistas árabes trabajaron con oro y mercurio, arsénico y azufre, y sales y ácidos, y se familiarizaron con una amplia gama de lo que actualmente llamamos reactivos químicos. Ellos creían que los metales eran cuerpos compuestos, formados por mercurio y azufre en diferentes proporciones

El alquimista árabe más grande fue seguramente Ar Razi (850–923), un científico persa que vivía en Bagdad. Ar Razi clasificó a los materiales usados por el alquimista en cuerpos (a los metales): piedras, vidrio, sales, etc. Y espíritus: mercurio, azufre, amoníaco, etc. El real objetivo de éstos alquimistas era el de producir oro por medio de reacciones catalíticas de ciertos elementos. Ar Razi escribió un libro sobre las aguas fuertes que según los estudiosos del tema no eran más que soluciones de sal corrosivas.

Las escrituras de Ar Razi representan el apogeo de la alquimia árabe. No se sabe si se dedicó a la medicina que siguió siendo independiente aunque hubo una tendencia árabe de dar mayor énfasis a los remedios minerales que a los provenientes de plantas que fueron los remedios por excelencia en la cultura griega.

Allá por el año 670 d.C., un alquimista sirio, Calínico, inventó según se cree el fuego griego. Era una mezcla de cal viva, petróleo y azufre a la que se le atribuye la salvación de Constantinopla cuando los musulmanes le pusieron sitio por primera vez. Al entrar en contacto con el agua la cal viva se encendía y el petróleo ardía en llamas.

Muchos de los escritos árabes revelaban un carácter místico que contribuía poco al avance de la química, pero otros intentaban explicar la transmutación en términos físicos. Los árabes basaban sus teorías de la materia en las ideas aristotélicas, pero su pensamiento tendía a ser más específico, sobre todo en lo referente a la composición de los metales. Ellos creían que los metales consistían en azufre y mercurio, no propiamente estas sustancias que conocían muy bien, sino más bien el principio del mercurio, que confería la propiedad de fluidez a los metales, y el principio del azufre que convertía en combustibles a las sustancias y corroía a los metales. Las reacciones químicas se explicaban en términos de cambios en las cantidades de esos principios dentro de las sustancias materiales.

Alquimia Hindú

La Alquimia China está muy relacionada con la hindú, durante el auge de éstas civilizaciones éstas se mantuvieron en estrecho contacto por lo que muchas ideas acerca de la alquimia coinciden. Se cree que las heredaron de los Griegos traídas por Alejandro Magno en sus conquistas.

Las Vedas (las más antiguas escrituras sagradas hindúes), contienen algunas pistas sobre la alquimia en la antigua India que presentan semejanzas con la alquimia de la antigua China. Los Chinos e hindúes planteaban la relación entre el oro y la larga vida.

El mercurio que fue tan importante en la alquimia occidental es mencionado por Arthashastra durante los siglos 3ro y 4to a.C. se planteaba la posible conversión de metales comunes en oro.

Pero la alquimia de la medicina y la inmortalidad eran los principales intereses de los hindúes. No parecía muy importante la conversión de metales. En la India los elixires de la inmortalidad no eran de gran importancia y se trataba de simples remedios minerales para algunas enfermedades.

Los Chinos e Hindúes asociaban a la alquimia con el misticismo religioso aunque a partir de los siglos 10 al 12 esto cambió. Se encontraron escrituras claramente alquímicas pertenecientes a estos siglos.

Los primeros pensamientos filosóficos hindúes (siglo 5 a.C.) planteaban a la naturaleza como una concepción de elementos materiales (fuego, viento, agua, tierra y espacio). China e India poseían grandes recursos de salitre.

Uno de los grandes descubrimientos fue la sal de amoníaco descubierto durante los siglos 1 y 2 d.C. Su importancia se basó en su capacidad de sublimación disociándose en 2 materiales corrosivos, amoníaco y ácido clorhídrico los cuáles atacan fuertemente a los metales.

Alquimia en la Edad Media

Los sucesores de los griegos en el estudio de las sustancias fueron los alquimistas medievales, aunque sumergidos en la magia y la charlatanería, llegaron a conclusiones más razonables y verosímiles que las de aquéllos, ya que por lo menos manejaron los materiales sobre los que especulaban.

Durante la edad media, especialmente entre los siglos 5 y 15, la ciencia fue oscurecida por las inquietudes religiosas. Sin embargo, en el siglo 7 la ciencia reapareció con los árabes, quienes habían acumulado los antiguos conocimientos de los egipcios y de la filosofía antigua griega a través de la escuela alejandrina, fundando una práctica: la alquimia, el precedente de la química.

La alquimia europea fue heredada de los árabes de esta forma:

1º– La influencia árabe penetró en occidente primero por España: el califato de Córdoba alcanzó su apogeo durante los reinados de Abderramán II (912–961) y de al-Hákam II (961–976). Se crearon escuelas y bibliotecas que atrajeron a los estudiantes de todo el mundo mediterráneo. Según la tradición, el monje Gerbert, más tarde papa con el nombre de Silvestre II (999–1003), fue el primer europeo que conoció las obras alquímicas escritas por los árabes, aunque personalmente fuera sobre todo teólogo y matemático.

2º– Pero fueron principalmente las Cruzadas las que pusieron al occidente en relación con la civilización árabe y despertaron vivo interés por la ciencia oriental. Observemos también que Sicilia constituye un nexo entre Oriente e Italia: el astrólogo Miguel Escoto dedicó su *De Secretis* (1209), obra en la cual las teorías alquimistas estaban extensamente desarrolladas, a su maestro el emperador Federico II de Hohenstaufen.

La alquimia comenzó a ponerse de moda en occidente a mediados del siglo 12, época en la cual fue traducida del árabe al latín la obra conocida con el nombre de *Turba philosophorum* (la turba de filósofos). Las traducciones del árabe aumentaron progresivamente y suscitaron en el siglo 13 una extraordinaria boga literaria de la alquimia.

Los alquimistas consideraron los metales como cuerpos compuestos, resultantes de 2 propiedades comunes: el mercurio, que era lo metálico, y el azufre, que era lo combustible. Posteriormente consideraron un tercer principio, la sal, identificada con la solidez y la solubilidad. Estos principios alquimistas sustituyeron durante la Edad Media a los elementos de la filosofía helénica. Una idea inmediata fue la posibilidad de conseguir la transmutación de los metales, mediante la combinación de esos tres principios, pero esta transmutación sólo podía ser factible en presencia de un catalizador al que se llamó piedra filosofal. La historia de la alquimia es básicamente la búsqueda de la piedra filosofal. Por otra parte los alquimistas confundidos con magos y brujos, sufrieron persecución por parte de las autoridades religiosas.

Tratando de explicar las diversas propiedades de las sustancias, los alquimistas atribuyeron dichas propiedades a determinados elementos, que añadieron a la lista. Identificaron el mercurio como el elemento que confería propiedades metálicas a las sustancias, y el azufre, como el que impartía la propiedad de la combustibilidad.

Según aquellos alquimistas, una sustancia puede transformarse en otra simplemente añadiendo y sustrayendo elementos en las propiedades adecuadas. Un metal como el plomo, por ejemplo, podía transformarse en oro agregándole una cantidad exacta de mercurio. Durante siglos prosiguió la búsqueda de la técnica adecuada para convertir en oro un "metal base" y en esto se basó toda la alquimia medieval. En este proceso, los alquimistas descubrieron sustancias mucho más importantes que el oro, tales como los ácidos minerales y el fósforo.

Los ácidos minerales: nítrico, clorhídrico y, especialmente sulfúrico; introdujeron una verdadera revolución en los experimentos de la alquimia. Éstas sustancias eran ácidos mucho más fuertes que el más fuerte conocido

hasta entonces (el ácido acético o vinagre), y con ellos podían descomponerse las sustancias, sin necesidad de emplear altas temperaturas ni recurrir a largos períodos de espera.

El primer ácido mineral en descubrirse fue probablemente el ácido nítrico, hecho por la destilación de salitre, vitriolo y alumbre. El que presentó más dificultades fue el ácido sulfúrico, que era destilado del vitriolo o alumbre solos pero requería contenedores resistentes a la corrosión y el calor. Mucho más difícil fue el ácido clorhídrico que era destilado de sal común o sal de amoníaco y vitriolo o alumbre.

De todas formas, pocos alquimistas se dejaron tentar por éstos importantes éxitos secundarios, para desviarse de lo que ellos consideraban su búsqueda principal. Muchos simulaban producir oro por medio de trucos de prestidigitación para ganar el apoyo financiero de los mecenas.

Los trabajos de los alquimistas de la Edad Media, aunque infructuosos en el descubrimiento de la piedra filosofal y del elixir de la larga vida, y por tanto estériles, produjeron indudables progresos en la química de laboratorio, puesto que prepararon nuevas sustancias, inventaron aparatos útiles y desarrollaron técnicas empleadas más tarde por los químicos. Desde el punto de vista metodológico, se debe a los alquimistas una operación fundamental en química: la operación de pesar. Sus filtros exigían una dosificación minuciosa de los ingredientes que se mezclaban: así en sus laboratorios "fáusticos", los alquimistas elaboraron lo que más tarde iba a ser el método cuantitativo.

Alquimia en el Renacimiento

Durante el renacimiento alquimista se había convertido en químico y alquimia había pasado a ser la ciencia llamada Química. Surgió un nuevo interés por las teorías griegas sobre el tema. Las investigaciones realizadas por los alquimistas de la edad media fueron usadas para fundar las bases de la química moderna. El conocimiento químico se amplió considerablemente y los científicos comenzaron a explicar el universo y sus fenómenos por medio de la química.

Comienzan a aparecer obras químicas en el sentido moderno de la palabra. Por otro lado la alquimia alcanza su apogeo, y se asocia cada vez más con la cábala, la magia y la teosofía

Todos los conocimientos químicos desarrollados durante la edad media comenzaron a ser vistos desde otra perspectiva mas científica y se formaron las bases sobre las cuales la química moderna se apoya. Sin embargo muchos químicos aceptaron algunas doctrinas de la época como marco de trabajo lo cual retrasó el desarrollo de la química aunque esta avanzó a grandes pasos durante ésta época.

En el brillante nacimiento de esta ciencia, uno de los primeros genios fue Robert Boyle, quien formuló la ley de los gases que hoy lleva su nombre. En su obra "El Químico Escéptico" (1661), Boyle fue el primero en establecer el criterio moderno por el cual se define un elemento: una sustancia básica puede combinarse con otros elementos para formar compuestos y que por el contrario éstas no pueden descomponerse en una sustancia más simple.

Sin embargo, Boyle conservaba aún cierta perspectiva medieval acerca de la naturaleza de los elementos. Por ejemplo creía que el oro no era un elemento y que podía formarse de algún modo a partir de otros metales. Las mismas ideas compartía su contemporáneo Issac Newton, quien dedicó gran parte de su vida a la alquimia.

Un siglo después de Boyle, los trabajos prácticos realizados por los químicos empezaron a poner de manifiesto que sustancias podían descomponerse en otras más simples y cuales no. Henry Cavendish demostró que el Oxígeno se combina con el hidrógeno para formar el agua, de modo que ésta no podía ser un elemento. Más tarde, Lavoisier descompuso el aire (que se suponía en ese entonces un elemento), en oxígeno y nitrógeno. Se hizo evidente que ninguno de los elementos de los griegos eran tales según el criterio de Boyle.

En cuanto a los elementos de los alquimistas, el mercurio y el azufre resultaron serlo en el sentido de Boyle. También lo eran el hierro, el estaño, el plomo, el cobre, la plata, el oro y otros no metálicos como el fósforo, el carbono y el arsénico. El elemento de Paracelso, la sal, fue descompuesto en dos sustancias más simples.

Desde luego, el que un elemento fuera definido como tal dependía del desarrollo alcanzado por la química en esa época. Mientras una sustancia no pudiera descomponerse usando las técnicas disponibles debía seguir siendo considerada como un elemento. Por ejemplo, la lista de 33 elementos formulada por Lavoisier incluía entre otros, los óxidos de cal y magnesio. Pero catorce años después de la muerte de Lavoisier en la guillotina durante la Revolución Francesa, el químico inglés Humphry Davy, empleando una corriente eléctrica para escindir las sustancias, descompuso la cal en oxígeno y en un nuevo elemento, el calcio; hizo lo mismo con el óxido de magnesio obteniendo oxígeno y un nuevo elemento: el magnesio.

A pesar del gran giro de esta ciencia en el renacimiento, todavía quedaba el gran objetivo de hacer oro en estudio, fenómeno que recién fue desaprovado científicamente en el siglo 19. Al estar basado el poderío de un país en la cantidad de oro que poseía en La metrópolis de la Alquimia, Praga, los emperadores Maximiliano II y Rodolfo II financiaban y entretenían a todos los alquimistas de Europa para mantenerlos en su poder y de poderse hacer oro ellos serían los dueños de éste.

Esto no Era una ventaja para los alquimistas. En 1595 Edward Kelley, alquimista inglés junto con John Dee, famosos astrólogo, alquimista y matemático, perdieron su vida en un intento de escapar de Rudolf II. En 1603 Christian II torturó a Scotsman Alexander Seton quien había viajado por Europa haciendo transmutaciones. La situación era complicada ya que los alquimistas estaban dejando la transmutación o la medicina para convertirse en religiosos y científicos de las teorías griegas.

Entre los libros más influyentes que aparecieron en esa época había trabajos prácticos sobre minería y metalurgia. Esos tratados dedicaban mucho espacio a la extracción de los metales valiosos de las menas, trabajo que requería el uso de una balanza o una escala de laboratorio y el desarrollo de métodos cuantitativos (véase Análisis químico). Los especialistas de otras áreas, especialmente de medicina, empezaron a reconocer la necesidad de una mayor precisión. Los médicos, algunos de los cuales eran alquimistas, necesitaban saber el peso o volumen exacto de la dosis que administraban. Así, empezaron a utilizar métodos químicos para preparar medicinas.

Esos métodos fueron promovidos enérgicamente por el excéntrico médico suizo Theophrastus von Hohenheim, conocido como Paracelso. Al crecer en una región minera se había familiarizado con las propiedades de los metales y sus compuestos, que según él eran superiores a los remedios de hierbas utilizados por los médicos ortodoxos. Paracelso pasó la mayor parte de su vida disputando violentamente con los médicos de la época, y en el proceso fundó la ciencia de la iatroquímica (uso de medicinas químicas), precursora de la farmacología. Él y sus seguidores descubrieron muchos compuestos y reacciones químicas. Modificó la vieja teoría del mercurio–azufre sobre la composición de los metales, añadiendo un tercer componente, la sal, la parte terrestre de todas las sustancias. Declaró que cuando la madera arde "lo que se quema es azufre, lo que se evapora es mercurio y lo que se convierte en cenizas es sal". Al igual que con la teoría del azufre–mercurio, se refería a los principios, no a las sustancias materiales que responden a esos nombres. Su hincapié en el azufre combustible fue importante para el desarrollo posterior de la química. Los iatroquímicos que seguían a Paracelso modificaron parte de sus ideas más extravagantes y combinaron las fórmulas de él con las suyas propias para preparar remedios químicos. A finales del siglo XVI, Andreas Libavius publicó su *Alchemia* que organizaba el saber de los iatroquímicos y que se considera a menudo como el primer libro de química.

En la primera mitad del siglo XVII empezaron a estudiar experimentalmente las reacciones químicas, no porque fueran útiles en otras disciplinas, sino más bien por razones propias. Jan Baptista van Helmont, médico que dejó la práctica de la medicina para dedicarse al estudio de la química, utilizó la balanza en un experimento para demostrar que una cantidad definida de arena podía ser fundida con un exceso de álcali

formando vidrio soluble, y cuando este producto era tratado con ácido, regeneraba la cantidad original de arena (sílice). Esos fueron los fundamentos de la ley de conservación de la masa. Van Helmont demostró también que en ciertas reacciones se liberaba un fluido aéreo. A esta sustancia la llamó gas. Así se demostró que existía un nuevo tipo de sustancias con propiedades físicas particulares.

En el siglo XVI los experimentos descubrieron cómo crear un vacío, algo que Aristóteles había declarado imposible. Esto atrajo la atención sobre la antigua teoría de Demócrito, que había supuesto que los átomos se movían en un vacío. El filósofo y matemático francés René Descartes y sus seguidores desarrollaron una visión mecánica de la materia en la que el tamaño, la forma y el movimiento de las partículas diminutas explicaban todos los fenómenos observados. La mayoría de los iatroquímicos y filósofos naturales de la época suponían que los gases no tenían propiedades químicas, de aquí que su atención se centrara en su comportamiento físico. Comenzó a desarrollarse una teoría cinético-molecular de los gases. En esta dirección fueron notables los experimentos del químico físico británico Robert Boyle, cuyos estudios sobre el 'muelle de aire' (elasticidad) condujeron a lo que se conoce como ley de Boyle, una generalización de la relación inversa entre la presión y el volumen de los gases.

A finales del renacimiento con el nacimiento de la química moderna, la alquimia se había transformado en una ciencia con objetivos religiosos ocupando su lugar la química moderna que llevaría a cabo descubrimientos sorprendentes durante los siglos 18, 19 y 20.

NUEVOS CAMPOS DE LA QUÍMICA

En el siglo XIX, los avances más sorprendentes de la química se produjeron en el área de la química orgánica. La teoría estructural, que proporcionaba una imagen de cómo se mantenían los átomos juntos, empleaba su propia lógica. Ella hizo posible la predicción y preparación de muchos compuestos nuevos, incluyendo una gran cantidad de tintes, medicinas y explosivos importantes, que dieron origen a grandes industrias químicas.

Al mismo tiempo, aparecieron otras ramas de la química. Estimulados por los avances logrados en física, algunos químicos pensaron en aplicar métodos matemáticos a su ciencia. Los estudios de la velocidad de las reacciones culminaron en el desarrollo de las teorías cinéticas, que tenían valor tanto para la industria como para la ciencia pura. El reconocimiento de que el calor era debido al movimiento a escala atómica (un fenómeno cinético), hizo abandonar la idea de que el calor era una sustancia específica (denominada calórica) e inició el estudio de la termodinámica química. La extensión de los estudios electroquímicos llevó al químico sueco Svante August Arrhenius a postular la disociación de las sales en disolución para formar iones portadores de cargas eléctricas. Los estudios de los espectros de emisión y absorción de los elementos y compuestos empezaron a adquirir importancia tanto para los químicos como para los físicos, culminando en el desarrollo del campo de la espectroscopia. Además, comenzó una investigación fundamental sobre los coloides y la fotoquímica. A finales del siglo XIX, todos los estudios de este tipo fueron englobados en un campo conocido como química física.

La química inorgánica también necesitaba organizarse. Seguían descubriéndose nuevos elementos, pero no se había descubierto ningún método de clasificación que pudiera poner orden en sus reacciones. El sistema periódico, formulado a raíz de que el químico ruso Dmitri Ivánovich Mendeléiev en 1869 y el químico alemán Julius Lothar Meyer en 1870 elaboraran independientemente la ley periódica, eliminó esta confusión e indicó dónde se encontrarían los nuevos elementos y qué propiedades tendrían.

A finales del siglo XIX, la química, al igual que la física, parecía haber alcanzado un punto en el que no quedaba ningún campo sorprendente por desarrollar. Esta visión cambió completamente con el descubrimiento de la radiactividad. Los métodos químicos fueron utilizados para aislar nuevos elementos, como el radio, para separar nuevos tipos de sustancias conocidas como isótopos, y para sintetizar y aislar los nuevos elementos transuránicos. Los físicos consiguieron dibujar la estructura real de los átomos, que resolvía el antiguo problema de la afinidad química y explicaba la relación entre los compuestos polares y no polares.

Otro avance importante de la química en el siglo XX fue la fundación de la bioquímica; empezó simplemente con el análisis de los fluidos corporales, pero pronto se desarrollaron métodos para determinar la naturaleza y función de los componentes celulares más complejos. Hacia la mitad del siglo, los bioquímicos habían aclarado el código genético y explicado la función de los genes, base de toda la vida. El campo había crecido tanto que su estudio culminó en una nueva ciencia, la biología molecular.

INVESTIGACIONES RECIENTES EN QUÍMICA

Los recientes avances en biotecnología y ciencia de los materiales están ayudando a definir las fronteras de la investigación química. En biotecnología se ha podido iniciar un esfuerzo internacional para ordenar en serie el genoma humano gracias a instrumentos analíticos sofisticados. Probablemente, el éxito de este proyecto cambiará la naturaleza de campos como la biología molecular y la medicina. La ciencia de los materiales, una combinación interdisciplinaria de física, química e ingeniería, dirige el diseño de los materiales y mecanismos avanzados. Ejemplos recientes son el descubrimiento de ciertos compuestos cerámicos que mantienen su superconductividad a temperaturas por debajo de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, el desarrollo de polímeros emisores de luz y la enorme diversidad de compuestos que surgieron de la investigación sobre el buckminsterfullereno.

Incluso en los campos convencionales de la investigación química, las nuevas herramientas analíticas están suministrando detalles sin precedentes sobre los productos químicos y sus reacciones. Por ejemplo, las técnicas de láser proporcionan información instantánea de reacciones químicas en fase gaseosa a una escala de femtosegundos (una milésima de una billonésima de segundo).

Energía Solar:

Si se pudiera conseguir un material que convierta a la energía solar en energía eléctrica más eficientemente que los materiales actuales sería una importante revolución en la forma de funcionar del mundo y daría un fuerte empuje a la química. Los actuales paneles solares para la producción de electricidad sólo transforman alrededor de un 8% de la energía que reciben en energía solar. De las fábricas de estos paneles un pequeño porcentaje puede llegar a aprovechar un 20% de la energía como máximo, por ser pocos y caros, se destinan para los proyectos espaciales.

Además de ser ineficientes, durante su fabricación intervienen metales pesados que son grandes contaminantes por lo que las fábricas de paneles contaminan casi tanto como "limpian" el planeta los paneles.

Energía Nuclear:

El gran peligro de las centrales nucleares actuales son los desechos sólidos que son parte del combustible agotado del reactor. Al contrario de lo que mucha gente piensa las centrales nucleares casi no contaminan la atmósfera ni el agua. El agua que enfría el reactor no toma contacto con el material radioactivo mientras que por sus chimeneas sale vapor y una cantidad de CO_2 miles de veces menor que la de una central térmica convencional. Siendo los residuos sólidos los altamente peligrosos una de las tareas de la química sería hallar una manera segura de deshacerse de ellos. Actualmente se los sumerge en cubas de agua durante unos meses hasta que pierden la radioactividad remanente, luego se los almacena en edificios especialmente contruidos o en túneles subterráneos que son sistemas bastante "precarios". En el futuro estos residuos podrán almacenarse embebidos en cristal con lo cual perderían su potencial peligrosidad. En un futuro en el que escaseen los combustibles fósiles talvés sea necesario recurrir a la energía nuclear nuevamente.

Fusión Nuclear:

La fisión nuclear no es la única fuente de energía de este tipo. Hay otra que produce una mayor cantidad y es

la fusión nuclear. A esta última se debe la energía que contiene el Sol y las estrellas, también la inmensa energía destructiva de la bomba de hidrógeno. Mientras que en la fisión se libera energía al dividir un átomo grande en uno más pequeño, en la fusión se libera energía al combinar dos átomos ligeros para formar uno más grande. Se vienen realizando desde 1950 investigaciones de cómo llevar a cabo este proceso de forma controlada lo cual presenta a los científicos grandes dificultades. Si se llegara a lograr una central de fusión sería fácil conseguir el combustible: el deuterio se puede conseguir del agua prácticamente en cantidades infinitas y el tritio se saca del litio que es la sustancia más abundante en el planeta. Por las chimeneas de una central de fusión saldría oxígeno y produciría una pequeña cantidad de desechos de baja peligrosidad.

Otros Avances:

Nuevas Baterías para los autos eléctricos.

El principal problema de los autos eléctricos radica en las baterías. El motor eléctrico es altamente eficiente si tiene energía ilimitada pero si tiene que funcionar a base de baterías este se ve seriamente limitado. Las baterías han evolucionado mucho desde su invención y son parte esencial de gran parte de los aparatos electrónicos de bajo consumo. Sin embargo en los aparatos de alto consumo como por ejemplo un auto éstas son bastante ineficientes: duran un corto lapso, entregan poca energía, son grandes y pesadas y requieren un largo tiempo de recarga. La química del futuro deberá encontrar nuevas sustancias que al ser combinadas produzcan electricidad suficiente para hacer andar a un auto por un largo tiempo y con excelentes prestaciones. Sólo así el auto eléctrico desplazará al de combustión interna con lo que se disminuirá notablemente la contaminación en las ciudades. Si se imponen los autos eléctricos sería de mucha importancia la creación de nuevas fuentes de energía puesto que aumentaría el consumo de electricidad en gran medida. Será trabajo de la química el desarrollo de las centrales de fusión o un mejoramiento de las de fisión, ya que estas a pesar de su peligrosidad, casi no contaminan el aire y ofrecen una buena cantidad de energía por poco combustible a cambio. También se deberá disminuir los metales pesados usados en las pilas ya que estas son grandes contaminantes.

Nuevos combustibles:

Por otro lado también sería factible la producción de nuevos combustibles más eficientes y con una menor tasa de contaminación que combinados con motores más eficientes disminuirán la contaminación provocada por vehículos. Un descubrimiento reciente en éste campo fue la nafta sin plomo.

Nuevos materiales:

Aunque la tecnología de los materiales ha progresado enormemente en este último siglo no hay duda de que lo seguirá haciendo en el siglo venidero.

Se harán materiales más resistentes y más livianos para el campo de la aviación lo cual hará a los aviones más resistentes, eficientes y seguros.

Se podrán construir autos más livianos y tan resistentes como los actuales y hasta aún más. Mejores materiales resistentes al calor que sustituirán al peligroso asbesto usado actualmente en calefacciones centrales y trajes para bomberos. Esto no será totalmente beneficioso ya que aumentarían las industrias químicas, la contaminación por parte de plásticos y materiales sintéticos. Las ventajas serían que mejores materiales aislantes podrían ahorrar energía al disminuir la pérdida de calor de casas y heladeras.

LA INDUSTRIA QUÍMICA

El crecimiento de las industrias químicas y la formación de químicos profesionales ha tenido una correlación interesante. Hasta hace unos 150 años, los químicos no recibían formación profesional. La química avanzaba gracias al trabajo de los que se interesaban en el tema.

A principios del siglo XIX se empezaron a crear universidades provinciales. En Giessen, el químico alemán Justus von Liebig fundó un centro de investigación química. Este primer laboratorio de enseñanza tuvo tanto éxito que atrajo a estudiantes de todo el mundo. Poco después le siguieron otras universidades alemanas.

Se empezó a formar a un gran grupo de químicos jóvenes en la época en que las industrias químicas comenzaban a explotar los nuevos descubrimientos. Esta explotación comenzó durante la Revolución Industrial

Entre otros desarrollos industriales recientes se encuentra el incremento del uso de los procesos de reacción que utilizan enzimas, debido principalmente a los bajos costos y altos beneficios que pueden conseguirse. En la actualidad las industrias están estudiando métodos que utilizan la ingeniería genética para producir microorganismos con propósitos industriales

LA QUÍMICA Y LA SOCIEDAD

La química ha tenido una influencia enorme sobre la vida humana. En otras épocas las técnicas químicas se utilizaban para aislar productos naturales y para encontrar nuevas formas de utilizarlos. En el siglo XIX se desarrollaron técnicas para sintetizar sustancias nuevas que eran mejores que las naturales, o que podían reemplazarlas por completo con gran ahorro. Al aumentar la complejidad de los compuestos sintetizados, empezaron a aparecer materiales totalmente nuevos para usos modernos. Se crearon nuevos plásticos y tejidos, y también fármacos que acababan con todo tipo de enfermedades. Al mismo tiempo empezaron a unirse ciencias que antes estaban totalmente separadas. Los físicos, biólogos y geólogos habían desarrollado sus propias técnicas y su forma de ver el mundo, pero en un momento dado se hizo evidente que cada ciencia, a su modo, era el estudio de la materia y sus cambios. La química era la base de todas ellas. La creación de disciplinas intercientíficas como la geoquímica o la bioquímica ha estimulado a todas las ciencias originales.

El progreso de la ciencia en los últimos años ha sido espectacular, aunque los beneficios de este progreso han acarreado los riesgos correspondientes. Los peligros más evidentes proceden de los materiales radiactivos, por su potencial para producir cáncer en los individuos expuestos y mutaciones en sus hijos. También se ha hecho evidente que la acumulación, en las plantas o células animales, de pesticidas (que antes se consideraban inocuos), o de productos secundarios de los procesos de fabricación, suele tener efectos nocivos. Este descubrimiento, lentamente reconocido al principio, ha llevado a establecer nuevos campos de estudio relacionados con el medio ambiente y con la ecología en general.

EL NACIMIENTO DE LA QUÍMICA MODERNA

Lavoisier demostró con una serie de experimentos brillantes que el aire contiene un 20% de oxígeno y que la combustión es debida a la combinación de una sustancia combustible con oxígeno. Al quemar carbono se produce aire fijo (dióxido de carbono). Por tanto, el flogisto no existe. La teoría del flogisto fue sustituida rápidamente por la visión de que el oxígeno del aire combina con los elementos componentes de la sustancia combustible formando los óxidos de dichos elementos. Lavoisier utilizó la balanza de laboratorio para darle apoyo cuantitativo a su trabajo. Definió los elementos como sustancias que no pueden ser descompuestas por medios químicos, preparando el camino para la aceptación de la ley de conservación de la masa. Sustituyó el sistema antiguo de nombres químicos (basado en el uso alquímico) por la nomenclatura química racional utilizada hoy, y ayudó a fundar el primer periódico químico. Después de morir en la guillotina en 1794, sus colegas continuaron su trabajo estableciendo la química moderna. Un poco más tarde, el químico sueco Jöns Jakob Berzelius propuso representar los símbolos de los átomos de los elementos por la letra o par de letras

iniciales de sus nombres.

TECNOLOGÍA Y FILOSOFÍA EN LA ANTIGÜEDAD

Los primeros procesos químicos conocidos fueron realizados por los artesanos de Mesopotamia, Egipto y China. Al principio, los forjadores de esas tierras trabajaban con metales nativos como el oro y el cobre, que a veces se encontraban en la naturaleza en estado puro, pero rápidamente aprendieron a fundir menas (principalmente los óxidos metálicos y los sulfuros) calentándolas con madera o carbón de leña para obtener los metales. El uso progresivo del cobre, bronce y hierro dio origen a los nombres que los arqueólogos han aplicado a las distintas eras. En esas culturas se inició también una tecnología química primitiva, conforme los tintoreros descubrían métodos para fijar los tintes en los distintos tipos de tejidos y los alfareros aprendían a preparar barnices y más tarde a fabricar vidrio.

La mayoría de esos artesanos trabajaban en los monasterios y palacios haciendo artículos de lujo. En los monasterios especialmente, los monjes tenían tiempo para especular sobre el origen de los cambios que veían en el mundo que los rodeaba. Sus teorías se basaban frecuentemente en la magia, pero también elaboraron ideas astronómicas, matemáticas y cosmológicas, que utilizaban en sus intentos de explicar algunos de los cambios que hoy se consideran químicos.

FILOSOFÍA NATURAL GRIEGA

Desde los tiempos de Tales de Mileto, unos 600 años a.C., los filósofos griegos empezaron a hacer especulaciones lógicas sobre el mundo físico, en lugar de confiar en los mitos para explicar los fenómenos. El mismo Tales pensaba que toda la materia procedía del agua, que podía solidificarse en tierra o evaporarse en aire. Sus sucesores ampliaron esta teoría en la idea de que el mundo estaba compuesto por cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Según Demócrito, esos elementos estaban compuestos por átomos, partículas diminutas que se movían en el vacío. Otros, especialmente Aristóteles, creían que los elementos formaban un medio continuo de materia y, por tanto, el vacío no podía existir. La idea atómica perdió terreno rápidamente, pero nunca fue completamente olvidada. Cuando fue revisada durante el renacimiento, formó la base de la teoría atómica moderna.

Aristóteles fue el más influyente de los filósofos griegos, y sus ideas dominaron la filosofía natural durante casi dos milenios después de su muerte, en el 323 a.C. Creía que la materia poseía cuatro cualidades: calor, frío, humedad y sequedad. Cada uno de los cuatro elementos estaba compuesto por pares de esas cualidades; por ejemplo, el fuego era caliente y seco, el agua fría y húmeda, el aire caliente y húmedo, y la tierra fría y seca. Esos elementos con sus cualidades se combinaban en diferentes proporciones para formar los componentes del planeta terrestre. Puesto que era posible cambiar las cantidades de cada cualidad en un elemento, se podía transformar un elemento en otro; así, se pensaba que era posible cambiar las sustancias materiales formadas por los elementos, por ejemplo, el plomo en oro.

BIBLIOGRAFÍA

- *Enciclopedia Encarta 97*
- *Enciclopedia Larousse Tomo 11*. Año de edición 1995, Madrid
- *Enciclopedia Planeta Multimedia*