Alquimia

Índice:

-El pensamiento griego.....1

-La alquimia árabe.....2

-La alquimia hindú.....4

-La alquimia China.....5

-Piedra Filosofal.....7

- Función del Cinabrio en el.....10
  pensamiento alquímico

-Alquimia en la edad media.....11

-Alquimia en el Renacimiento.....14

-Biografía de Paracelso.....18

-Teoría del Flogisto.....20

-Aporte a la química de Lavoisier y biografía.....21

-La química del siglo 18.....22

-La química del siglo 19.....24

-Investigaciones recientes en la química.....28

-La química del año 2000.....36

-Conclusiones Personales.....39

-Bibliografía.....40

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 estálejos de ser ignorado. Se conoce la manera de obtener tintes (púrpura del múrex), de fundir los esmaltes y desde la más remota antiguedad, 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 Agriento, 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 substancias 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 éstas partículas el nombre de átomos (o sea no divisible). Llegó incluso a sugerir que algunas substancias 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 ésta ciencia en la edad media.

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 desciende de una escuela asiática occidental mientras que la alquimia griega desciende 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 Razí (850-923), un científico persa que vivía en Baghdad. Ar Razí 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 Razí escribió un libro sobre las aguas fuertes que según los estudiosos del tema no eran mas que soluciones de sal corrosivas.

Las escrituras de Ar Razí 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 (siglo5 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 China

Resulta muy complicado determinar la aparición de la alquimia en el pensamiento humano pero las evidencias parecen demostrar que ésta se desarrollo antes en China que en Occidente. La alquimia china esta 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 elíxir 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. Talvés la alquimia se desarrollo 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 elíxires. 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.

Piedra Filosofal

Los alquimistas de la edad media creían que para lograr la transmutación de metales como el plomo, sin gran valor, en oro o plata había que agregar y combinar una cantidad justa de Mercurio para lograr la transmutación. Por otro lado también pensaban que para que esta reacción se produzca tendría que ocurrir en presencia de un catalizador al que se llamó piedra filosofal. La historia de la alquimia es básicamente la búsqueda de este catalizador.

He aquí un tratado sobre la piedra filosofal de la edad media:

Pasos para lograr la Piedra Filosofal según autor anónimo de la edad media

Primera parte de la obra

Tomad doce partes del más puro menstruo de una hembra prostituida y una parte del cuerpo inferior perfectamente lavado, mezcladlo todo junto hasta que toda la materia sea amalgamada en un vaso ovalado y de cuello largo
Pero es necesario añadir primero al cuerpo dos o cuatro partes del menstruo, y dejarlo reposar aproximadamente durante quince días, tiempo en el que se realiza la disolución del cuerpo.
Tomad después esta materia y estrujadla para extraer de ella el menstruo, que guardaréis sobre el cuerpo que quedará tras la compresión, añadiréis una o dos partes de nuevo menstruo, y lo dejaréis reposar aún ocho días, después de los cuales procederéis como al principio, reiterando en lo mismo hasta que todo el cuerpo sea llevado a agua.
Todas estas operaciones se harán a fuego lento de cenizas y con el vaso bien cerrado (bouché avec de la carte).

Segunda parte de la obra

Tomad toda el agua de vida y colocadla en un vaso cerrado como el de antes, y con el mismo grado de fuego de cenizas, que es el primer grado de fuego, cada ocho días se formará una piel negra que flotará en la superficie y que es la cabeza del cuervo, la cual mezclaréis con el polvo negro depositado en el fondo del vaso, después de haber tirado por inclinación el agua de vida.
Volveréis a colocar esa agua en el vaso y volveréis a proceder del mismo modo, hasta que ya no se forme más negrura.

Tercera parte de la obra

Tomad toda la cabeza de muerto que habéis amasado y colocadla en el huevo filosófico a fuego de cenizas de encina, y sellad herméticamente su orificio, pero usad una sola pasta en las junturas de las dos partes del huevo a fin de que pueda ser abierto con facilidad.
Durante los primeros ocho días, más o menos, no daréis más de beber a vuestra tierra negra y muerta, porque está aún embriagada de humedad.
Después, cuando haya sido desecada y alterada, la abrevaréis con agua de

vida en igual peso. Abriendo el vaso a este efecto, mezcladlo bien y, a continuación, lo volvéis a cerrar y lo dejáis reposar, no hasta que sea totalmente desecado, sino sólo hasta la coagulación; continuad después imbibiendo hasta que la materia haya absorbido toda el agua.

Cuarta parte de la obra

Tomad después esta materia y colocadla en un huevo a fuego de segundo grado, dejándola así durante algunos meses hasta que finalmente, después de haber pasado por diversos colores, se vuelva blanca.

Quinta parte de la obra

Una vez la tierra sea blanca, tendrá una potencia apropiada para recibir la semilla, a causa de la fecundidad que ha adquirido por las operaciones precedentes. Tomad pues esta tierra, después de haberla pesado, y divididla en tres partes. Tomad una parte de fermento, cuyo peso sea igual a una de las partes de vuestra materia dividida y cuatro partes del menstruo de la hembra prostituida, y haced una amalgama con el fermento laminado, como antes, y con el menstruo, y haced la disolución a calor lento durante catorce días, hasta que el cuerpo sea reducido a una cal sutil, pues aquí no se busca el agua de vida.
Tomad después el menstruo con la cal del cuerpo y las tres partes de vuestra tierra blanca, y haced con todo esto una amalgama en un mortero de mármol, amalgama que pondréis en un vaso de cristal a fuego de segundo grado durante un mes.
Finalmente, dadle al fuego su tercer grado hasta que la materia se vuelva muy blanca, y su aspecto será como el de una masa grosera y dura como la piedra pómez, pero pesada.
Hasta aquí llega la operación de la piedra al blanco. Para hacer la piedra al rojo se debe operar de la misma manera, pero al final es necesario someterlo a fuego de tercer grado durante más tiempo y de forma más vehemente que para la piedra al blanco.

Sexta parte de la preparación de la piedra para hacer la proyección

Son muchos los que han hecho la piedra desconociendo, sin embargo, la manera de hacer la preparación para hacer la proyección. Y, sin embargo, la piedra hecha y acabada no hace ninguna transmutación si no se hace que tenga ingreso en los cuerpos. Por ello, romped vuestra piedra a trozos, moledla y colocadla en un vaso bien enlutado hasta el cuello para que pueda soportar un gran fuego, como el de cuarto grado, y sometedlo a

fuego de carbón tan fuerte que la arena alcance una temperatura tal que al lanzar sobre ella unas gotas de agua se oiga un ruido, y tan fuerte que no sea posible tocar con la mano el cuello del vaso que está sobre la arena a causa de su gran calor.
Mantened vuestro vaso en este grado de fuego hasta que vuestra materia se convierta en un polvo muy sutil y muy ligero, cosa que, de ordinario, ocurre en el espacio de un mes y medio.

Séptima y última parte del aumento y multiplicación de la piedra

Una vez hayáis hecho la piedra, la podéis multiplicar hasta el infinito sin necesidad de volver a hacerla de nuevo.
Una vez tengáis la piedra hecha y acabada por la quinta parte de la operación, tomaréis la mitad de ella para usarla en la preparación necesaria para la proyección, y la otra mitad la guardaréis para multiplicarla.
Pesad pues esta parte, y si pesa tres partes, tomad una parte, pero no del menstruo, sino del agua de vida. Tendréis de este modo cuatro partes que pondréis en un huevo a fuego de segundo grado durante un mes, después del cual pasaréis al tercer grado del fuego hasta el final, como ya hemos enseñado antes en la quinta parte de la operación.

Importancia del Cinabrio en el pensamiento alquímico:

Según los alquimistas de la edad media una sustancia puede transformarse en otra simplemente añadiendo y sustrayendo elementos en las propiedades adecuadas. Se creía que el Mercurio era el elemento el que confería las propiedades metálicas a los elementos y Creían que todos los metales estaban formados por diferentes combinaciones de mercurio y azufre, que era el que convertía a las sustancias en combustibles y corroía los metales.

A partir de esto dedujeron que agregando y combinando mercurio y azufre en cantidades adecuadas con un metal base como el plomo, éste transmutaría en oro o plata.

En la tabla periódica figura con las letras Hg ya que los romanos lo llamaban hidragyrum que significa plata líquida

Tratado anónimo de la edad media acerca de la de la preparación y purificación del mercurio.

"Tomad, pues, vuestro mercurio, y purificadlo bien pasándolo a través de un lienzo plegado tres veces, cosa que haréis varias veces hasta que aparezca puro como el agua límpida y cristalina.
Nosotros rechazamos todas las demás formas de purificar el mercurio, como aquellas que lo purifican mediante el vinagre, la sal, la orina, la cal viva, el vitriolo y otros corrosivos que destruyen la humedad del mercurio en lugar de exaltarla, y que más que ser útiles, estorban."

Alquimia en la Edad Media

Los sucesores de los griegos en el estudio de las substancias fueron los alquimistas medievales, aunque sumergidos en la magia y la charlataneria, 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 Scicilia 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 sustitutyeron 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 prescencia 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 sustencias, 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 descomponerses 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 somún 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 éllos 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 infructosos 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 eleboraron 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 qúimicas en el sentido moderno de las 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 recien 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 invrsa 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.

Paracelso:

Médico y alquimista suizo nacido en 1493. Estableció el rol de la química en la medicina. Publicó el gran libro de la cirugía en 1536 y una descripción clínica de la sífilis en 1530.

Hijo de un medico y químico, su madre murió cuando era muy joven por lo que se mudaron al sur de Austria donde su padre le enseñó la teoría y práctica de la química. El joven Paracelso aprendió de los mineros de la zona mucho acerca de los metales y se preguntó si algún día descubriría la forma de transformar el plomo en oro.

En 1507, a los 14 años, se unió a un grupo de jóvenes que viajaban por Europa en busca de grandes profesores en las universidades. Asistió a varias universidades quedando decepcionado con la educación tradicional.

Decía que las universidades no enseñaban todas las cosas que deberían por lo que un médico debía concurrir a gitanos, magos, sabios, ancianos para aprender cosas de ellos. Un doctor debe ser un viajero, la sabiduría es la experiencia.

Se dice que se graduó en 1510 en la universidad de Viena a los 17 años pero se cree que se graduó en la Universidad de Ferrara en 1516 (los archivos universitarios de ese año no se han encontrado). En Ferrara era libre de criticar la creencia de que los astros controlaban las partes del cuerpo humano.

No era un hombre de establecerse en un lugar por toda la vida por lo que luego de recibirse paso su vida en casi toda Europa. Participó como cirujano en las guerras holandesas. Pasó por Rusia, Lituania, Inglaterra, Escocia, Hungría, e Irlanda.

En sus últimos años su espíritu viajero lo llevó a Egipto, Arabia, Constantinopla. Por cada lugar que visitaba aprendía algo sobre la alquimia y medicina.

Luego de viajar por 10 años, regresó a Austria en 1524 donde descubrió que era famoso por muchas curas milagrosas que había desarrollado. Se convirtió en El Gran Paracelso a los 33 años y fue designado como el médico del pueblo y conferenciante de la universidad de Basel y estudiantes de toda Europa concurrían a sus conferencias. No sólo invitaba a estudiantes sino a todo aquel al que le interesara el tema. Las autoridades se escandalizaron por su amplia invitación.

3 Semanas después, rodeado por una multitud de estudiantes que lo apoyaban quemó los libros de Avicenna (el príncipe de los médicos de Arabia) y los de Galen (médico griego) en frente de la universidad.

Alcanzó la cima de su carrera en Basel. Su fama se difundió por todo el mundo conocido. Escribió acerca del poder para curar de la naturaleza y como tratar heridas. Decía que si uno prevenía la infección de una herida esta se curaría por sí misma. Atacó severamente muchas de las prácticas médicas erróneas de la época y descalificó a las píldoras, infusiones, bálsamos, soluciones, etc. Como tratamientos médicos.

Su triunfo en Basel duró menos de un año y había ganado muchos enemigos. Era visto como un mentecato por los profesionales de la época. De repente se vio obligado a huir a Alsacia. Pasó varios años viviendo con amigos y revisó viejos tratados y escribió nuevos. Con la publicación del Gran Libro De La Cirugía ganó nuevamente la fama perdida y aún más. Se volvió un hombre rico.

En mayo de 1538, en la cima de su segundo período de gloria volcó a Austria a ver a su padre y descubrió que había muerto 4 años antes. En 1541 Paracelso murió a los 48 años de edad en circunstancias misteriosas.

<u>Logros de Paracelso:</u>

Sus descubrimientos médicos fueron muy importantes. En 1530 escribió la mejor descripción clínica de la sífilis de la época aprobando el tratamiento

de ésta enfermedad por medio de la ingestión de pequeñas cantidades de mercurio cuidadosamente medidas. Afirmó que la enfermedad de los mineros (Silicosis) era resultado de la inhalación de vapores de los metales y no una venganza de los espíritus de las montañas. Fundó las bases de la homeopatía moderna.

Fue el primero en conectar las paperas con la ingestión de agua con metales (en gral. Plomo). Y realizó numerosos remedios para numerosas enfermedades.

Teoría del Flogisto:

A fines del siglo 17 los químicos alemanes Johann Becher y Georg Stahl plantearon una sustancia hipotética que representaba la inflamabilidad que usaron para explicar el fenómeno de la combustión. La teoría del flogisto planteaba que toda sustancia inflamable contiene flogisto y durante la combustión esta sustancia perdía el flogisto hasta que se detenía. El mercurio, por ejemplo aumenta de peso surante la combustión por lo que se le asigno al flogisto un peso negativo. Se pensaba que el carbón o el azufre estaban formados exclusivamente por flogisto y de ahí derivaba su extrema combustibilidad. El químico Ingles Joseph Priestley realizó experimentos con combustiones y comprobó que lo que hoy llamamos oxígeno era necesario para la combustión, pero describió a este gas como aire deflogistizado. La teoría del flogisto comenzó a tambalear con el químico francés Antoine Lavoisier quien descubrió que la combustión es una reacción en la cual el oxígeno se combina con otra sustancia. Para el año 1800 la teoría del flogisto había sido desaprobada por todos los químicos reconociendo como válido el experimento de Lavoisier.

La teoría del flogisto planteaba la siguiente fórmula:

metal (en combustión) → Cal + flogisto.

Lavoisier Antoine Laurent de (1734-1794)

Químico francés. Se le Atribuye el descubrimiento del oxígeno y se lo considera uno de los fundadores de la química moderna. Estableció la ley de conservación de la materia y demostró que el aire está compuesto por oxígeno y nitrógeno. Sostuvo que la respiración no es una

simple combustión del carbón, sino que contiene hidrógeno quemado con formación de vapor de agua, descubriendo así que los seres vivos utilizan el oxígeno del aire para la combustión de los alimentos, la cual produce energía. Realizó importantes trabajos sobre la nomenclatura química. Colaboró con Laplace en una serie de experimentos para determinar los calores específicos en cierto número de sustancias.

Durante la Revolución Francesa fue condenado por el tribunal revolucionario y ejecutado en la guillotina.

Es considerado por muchos como el Newton de la química. Desarrolló nuevos métodos que hicieron posibles análisis y descubrimientos más precisos. Decía que sólo cuando los cuerpos eran analizados en las sustancias que los componen, sólo en ése caso, sería posible clasificarlos. Fue quizás el investigador más decisivo en la conformación de la química.

Lavoisier fue quien derribó la teoría del flogisto y fundó la química moderna. En 1774 reemprende un análisis del aire y descubre que está formado por 2 "aires" distintos. Uno que mantiene las combustiones y otro en el cual los seres vivos mueren por asfixia (experimentó con ratones). Realiza la síntesis del agua. También separó al aire en sus componentes al agua sumergiendo en esta un hierro al rojo vivo. Lo llevó a cabo en público y sus mediciones eran extremadamente precisas para la época.

La importancia de Lavoisier es que fue el primero en usar muchas de las técnicas de investigación de hoy en día, que, para su tiempo eran novedosas. Derribó la teoría del flogisto hasta ese momento aceptada por todos los químicos y que era errónea.

La Química del Siglo 18

La química del siglo 18 se basó en interacción entre las substancias y la formación de nuevas substancias desde un punto de vista totalmente científico. Tomó mucho de sus problemas y puntos de vista de la óptica, mecánica de la luz y nociones de química médica.

En esa época, aproximadamente, otra observación hizo avanzar la comprensión de la química. Al estudiarse cada vez más productos químicos, los químicos observaron que ciertas sustancias combinaban más fácilmente o tenían más afinidad con un determinado producto químico que otras. Se prepararon tablas que mostraban las afinidades relativas al mezclar diferentes productos. El uso de estas tablas hizo posible predecir muchas reacciones químicas antes de experimentarlas en el laboratorio.

Todos esos avances condujeron en el siglo XVIII al descubrimiento de nuevos metales y sus compuestos y reacciones. Comenzaron a desarrollarse métodos analíticos cualitativos y cuantitativos, dando origen a la química analítica. Sin embargo, mientras existiera la creencia de que los gases sólo desempeñaban un papel físico, no podía reconocerse todo el alcance de la química.

El estudio químico de los gases, generalmente llamados 'aires' empezó a adquirir importancia después de que el fisiólogo británico Stephen Hales desarrollara la cubeta o cuba neumática para recoger y medir el volumen de los gases liberados en un sistema cerrado; los gases eran recogidos sobre el agua tras ser emitidos al calentar diversos sólidos. La cuba neumática se convirtió en un mecanismo valioso para recoger y estudiar gases no contaminados por el aire ordinario. El estudio de los gases avanzó rápidamente y se alcanzó un nuevo nivel de comprensión de los distintos gases.

La interpretación inicial del papel de los gases en la química se produjo en Edimburgo (Escocia) en 1756, cuando Joseph Black publicó sus estudios sobre las reacciones de los carbonatos de magnesio y de calcio. Al calentarlos, estos compuestos desprendían un gas y dejaban un residuo de lo que Black llamaba magnesia calcinada o cal (los óxidos). Esta última reaccionaba con el 'álcali' (carbonato de sodio) regenerando las sales originales. Así el gas dióxido de carbono, que Black denominaba aire fijo, tomaba parte en las reacciones químicas (estaba "fijo", según sus palabras). La idea de que un gas no podía entrar en una reacción química fue desechada, y pronto empezaron a reconocerse nuevos gases como sustancias distintas.

En la década siguiente, el físico británico Henry Cavendish aisló el 'aire inflamable' (hidrógeno). También introdujo el uso del mercurio en lugar del agua como el líquido sobre el que se recogían los gases, posibilitando la recogida de los gases solubles en agua. Esta variante fue utilizada con frecuencia por el químico y teólogo británico Joseph Priestley, quien recogió y estudió casi una docena de gases nuevos. El descubrimiento más importante de Priestley fue el oxígeno; pronto se dio cuenta de que este gas era el componente del aire ordinario responsable de la combustión, y que hacía posible la respiración animal. Sin embargo, su razonamiento fue que las sustancias combustibles ardían enérgicamente y los metales formaban escorias con más facilidad en este gas porque el gas no contenía flogisto. Por tanto, el gas aceptaba el flogisto presente en el combustible o el metal más fácilmente que el aire ordinario que ya contenía parte de flogisto. A este nuevo gas lo llamó 'aire deflogistizado' y defendió su teoría hasta el final de sus días.

Mientras tanto, la química había hecho grandes progresos en Francia, particularmente en el laboratorio de Lavoisier. A éste le preocupaba el hecho de que los metales ganaban peso al calentarlos en presencia de aire, cuando se suponía que estaban perdiendo flogisto.

En 1774 Priestley visitó Francia y le comentó a Lavoisier su descubrimiento del aire deflogistizado. Lavoisier entendió rápidamente el significado de esta sustancia, y este hecho abrió el camino para la revolución química que estableció la química moderna. Lavoisier lo llamó 'oxígeno', que significa 'generador de ácidos'.

La química del Siglo XIX:

A principios del siglo 19, al químico Inglés John Dalton contempló los elementos desde un punto de vista totalmente nuevo. Por extraño que parezca, esta perspectiva se remonta, en cierto modo a la época de los griegos quienes, después de todo, contribuyeron con lo que talvés sea el concepto simple más importante para la comprensión de la materia. 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. Los griegos llamaron a éstas partículas átomos (no divisible).

La noción de átomos no fue nunca descartada de las escuelas occidentales. Dalton demostró que las diversas normas que regían el comportamiento de los gases podían explicarse tomando como base la naturaleza atómica de la materia. Según Dalton, cada elemento representaba un tipo particular de átomos, y cualquier cantidad de éste elemento estaba formado por átomos idénticos de ésta clase. Lo que distinguía a un elemento de otro era la naturaleza de sus átomos. Y la diferencia básica entre los átomos radicaba en su peso. Así, los átomos de azufre eran más pesados que los de azufre y éstos más pesados que los de oxígeno, etc.

El químico italiano Amedeo Avogrado aplicó a los gases la teoría atómica y demostró que volúmenes iguales de un gas, fuese cual fuese su naturaleza, estaban formados por el mismo número de partículas. Es la llamada hipótesis de Avogrado. Al principio se creyó que estas partículas eran átomos; pero luego se demostró que estaban compuestas, en la mayor parte de los casos por grupos de átomos, llamados moléculas. Si una molécula contiene átomos de distintas clases es una molécula de un compuesto químico. Naturalmente era importante medir los pesos relativos de los distintos átomos, para hallar los pesos atómicos de las sustancias.

Pero los pequeños átomos se hallaban muy lejos de las posibilidades ponderables del Siglo 19. Mas, pesando la cantidad de cada elemento separado de un compuesto químico y haciendo deducciones a partir del comportamiento químico de los elementos, se pudieron establecer los pesos relativos de los átomos. El primero en realizar este trabajo fue el químico sueco Jons Jacob Berzelius. En 1828 publicó una lista de pesos atómicos basados en dos patrones de referencia: uno, el obtenido al dar el peso atómico del oxígeno el valor 100, y el otro cuando el peso atómico del hidrógeno se hacía igual a 1.

El sistema de Berzelius no alcanzó inmediata aceptación; pero en 1860, en el 1er congreso internacional de química, celebrado en Karlsruhe (Alemania), el químico italiano Stanislao Canizzaro presentó nuevos métodos para determinar los pesos atómicos con ayuda de la hipótesis de Avogrado, menospreciada hasta entonces. describió sus teorías en forma tan convincente, que el mundo de la química quedó conquistado inmediatamente. Se adoptó como unidad de medida el peso el peso del oxígeno y no del hidrógeno puesto que el oxígeno podía ser combinado más fácilmente con los diversos elementos. El peso atómico del oxígeno fue medido convencionalmente, en 1850, por el químico belga Jean Servais Stas, quien lo fijó en 16, de modo que el peso del hidrógeno, el elemento más liviano, sería aproximadamente de 1.

A lo largo del Siglo 19 y pese a realizar múltiples investigaciones que implicaban la aceptación de las nociones de átomos y moléculas y a que, por lo general, los científicos estaban convencidos de su existencia, no se pudo aportar ninguna prueba directa de que fuesen algo más que simples abstracciones convenientes. Algunos destacados científicos, como el químico alemán Wilhelm Ostwald, se negaron a aceptarlos. Para él eran solamente conceptos útiles y no reales.

La existencia real de las moléculas la puso de manifiesto el movimiento browniano, que observó por primera vez, en 1827, el botánico escocés Robert Brown, quien comprobó que los granos de polen suspendidos en el agua aparecían animados de movimientos erráticos. Al principio se creyó a que los granos de polen tenían vida; pero también se manifiesta este fenómeno en pequeñas partículas de sustancias colorantes totalmente inanimadas.

En 1863 se sugirió por primera vez que tal movimiento sería debido a un bombardeo desigual de las partículas por las moléculas de agua circundantes. En los objetos macroscópicos no tendría importancia una pequeña desigualdad en el número de moléculas que incidieran de un lado u otro. Pero en los objetos microscópicos, bombardeados quizá por sólo unos pocos centenares de moléculas por segundo, un pequeño exceso, por uno u otro lado, podría determinar una agitación perceptible. El

movimiento al azar de las pequeñas partículas constituye una prueba casi visible de que el agua y la materia en general tienen partículas.

A medida que, durante el Siglo 19, fue aumentando la lista de elementos, los químicos empezaron a verse envueltos en una intrincada maleza. Cada elemento tenía propiedades distintas, y no daban con ninguna formula que permitiera ordenar aquella serie de elementos. Puesto que la ciencia tiene como finalidad el tratar de hallas un orden en un aparente desorden, los científicos buscaron la posible existencia de caracteres semejantes en las propiedades de los elementos.

En 1862, después de haber establecido Canizzaro el peso atómico como una de las más importantes herramientas de trabajo de la química, un geólogo francés, Aléxandre Émile Beguyer de Chancourtois, comprobó que los elementos se podían disponer en forma de tabla por orden creciente, según su peso atómico, de modo que los de propiedades similares se hallaran en la misma columna vertical. Dos años más tarde un químico británico, John Alexander Reina Newlands, llegó a disponerlos del mismo modo, independientemente de Beguyer. Pero ambos científicos fueron ignorados o ridiculizados. Ninguno de los dos logró ver impresas sus hipótesis. Muchos años más tarde, una vez reconocida universalmente la importancia de la tabla periódica, sus investigaciones fueron publicadas al fin A. Newlands se le concedió inclusive una medalla.

El químico rudo Dimitri Ivanovich Mendeléiev fue reconocido, finalmente, como el investigador que puso orden en la selva de los elementos. En 1869, él, y el químico alemán Julius Lothar Meyer, propusieron tablas de los elementos que, esencialmente, se regían por las ideas de Chancourtois y Newlands. Pero Mendeléiev fue reconocido por la ciencia , porque tuvo el valor y la confianza de llevar sus ideas más allá que los otros.

En primer lugar, la tabla periódica de Mendeléiev (llamada periódica porque demostraba la repetición periódica de propiedades químicas similares) era más complicada que la de Newlands y más parecida a la que hoy estimamos como correcta. En segundo lugar, cuando las propiedades de un elemento eran la causa de que no conservara el orden establecido en función de su peso atómico, cambiaba resueltamente el orden, basándose en que las propiedades eran más importantes que el peso atómico.

Finalmente, y esto es lo más importante, cuando Mendeléiev no conseguía que los elementos encajaran bien en el sistema no vacilaba en dejar espacios vacíos en la tabla y anunciar, con lo que parecía un gran descaro, que faltaban por descubrir elementos los cuáles rellenarían los vacíos. Pero fue aún más lejos. Describió el elemento que correspondía a cada uno de los tres vacíos, utilizando como guía las propiedades de los

elementos situados por encima y por debajo del vacío de la tabla. Aquí Mendeléiev mostrose genialmente intuitivo. Los tres elementos predichos fueron encontrados, ya en vida de éste por lo que pudo vivir el triunfo de su sistema. En 1875, el químico francés Lecoq de Boisbaudran descubrió el primero de dichos elementos al que llamó Galio. En 1879 el químico sueco Lars Fredrik Nilson encontró el segundo y lo llamó escandinio. Y en 1886, el químico alemán Clemens Alexander Winkler aisló el tercero y lo llamó Germanio. Los tres elementos mostraban casi las mismas propiedades que predijera Mendeléiev.

Investigaciones Recientes en la Química:

La Estructura Atómica:

Dalton fue el primero que basándose en hechos experimentales construyó una teoría científica en base a la existencia de átomos. En ella, se postulaba la indivisibilidad atómica (los presentaba como diminutas bolitas homogéneas), idea que permitió el logro de resultados extraordinarios.

Sin Embargo a fines del Siglo 19 y comienzos del siguiente, diversas experiencias sugirieron que el átomo era divisible, es decir, se hallaba compuesto por otros corpúsculos. En efecto, J. J. Thomson (1856-1940) observó que, en ocasiones, escapaban partículas cargadas con electricidad negativa a las que denominó electrones. A partir de ello Thomson concibió al átomo en 1898 como una esfera de electricidad positiva en la que los electrones negativos estarían incluidos. Casi toda la masa del átomo estaría asociada a la electricidad positiva, conclusión que se deducía al observar como los fragmentos positivos de los átomos eran mucho más pesados que los electrones. En 1911, lord Rutherford llevó a cabo un experimento, hoy clásico, para comprobar la verdad del modelo de Thomson: consistió en investigar la dispersión de las partículas alfa al atravesar delgadas láminas metálicas. Según el Modelo de Thomson, el metal estaría formado por átomos, que serían esferas positivas conteniendo electrones negativos, es decir, que el metal sería un mar de electricidad positiva con cargas negativas en su seno. Puesto que las partículas alfa poseen gran energía se pensó que atravesarían en línea recta la lámina metálica, y dado que la carga positiva y la masa estarían uniformemente repartidas por todo el metal no existía razón para que las partículas alfa se desviasen de su trayectoria inicial y no se abriesen paso rectilíneo a través del metal.

En el experimento las partículas alfa provenían de un elemento radioactivo, el Polonio, una placa gruesa de plomo con un orificio permite

el paso de un haz de dichas partículas; en el trayecto de ese haz se coloca una lámina metálica, y finalmente, una pantalla recubierta de sulfuro de cinc permite detectar la llegada de las partículas.

Conforme a lo esperado, el 99% de las partículas alfa pasaron línea recta, pero hubo algunas que se desviaron ángulos bastante grandes, y un número muy reducido de ellas se reflejaron y retrocedieron sus trayectorias. Para Rutherford el resultado era increíble. He aquí sus propias palabras: "era casi tan increíble como si alguien disparase una granada de 15 pulgadas contra un trozo de papel de seda, fuese rechazada y golpease al lanzador". El modelo de Thomson no era capaz de explicar tan grandes desviaciones. Si la carga positiva y la masa estuviesen uniformemente repartidas por todo el metal, una partícula alfa no tropezaría con grandes obstáculos ni experimentaría repulsiones fuertes en ningún punto de su trayectoria. Según Rutherford, la única posibilidad de espaciar una desviación tan grande es admitir que la electricidad positiva y la masa se concentran en regiones my pequeñas. Así Rutherford sugirió que el átomo posee un núcleo o centro, en el que se encuentra su masa y su carga positiva con electrones girando a su alrededor del núcleo en órbitas circulares (algo parecido a los planetas girando alrededor del Sol).

Calculando el porcentage de partículas que se desviaron, las que pasaron y las que se reflejaron se pudo calcular el tamaño que ocupa el núcleo en comparación con el que ocupan los electrones. Se dedujo que el núcleo ocupa una parte muy reducida del átomo, que prácticamente está ocupado por los electrones. Estableciendo una comparación: si el núcleo creciese hasta adquirir el tamaño del punto tipográfico con que termina esta frase, la totalidad de átomo sería mayor que una casa.

La objeción más seria que recibió este modelo, y que obligó a su abandono, fue la de que según las leyes físicas clásicas del electrón, poseedor inicialmente de una cierta cantidad de energía, la iría perdiendo en forma de ondas electromagnéticas, lo que provocaría la precipitación de dicha partícula sobre el núcleo. De este modo, el átomo, como tal, que daría destuído, contrariamente a lo que ocurre en la realidad.

Para superar la anterior objeción, el físico danés Niels Bohr recurrió a la denominada teoría de los cuantos formulada por el alemán M. Planck (1858-1947).

Según la concepción de Bohr, los electrones sólo pueden circular alrededor del núcleo atómico en ciertas órbitas circulares, seleccionada de acuerdo con unas leyes expresables matemáticamente.

La hipótesis de Bohr fue rápidamente aceptada, pero pronto requirió de ciertas modificaciones para explicar las nuevas observaciones. La más importante fue la de Sommerfield, que a fin de permitir la introducción de

un nuevo concepto, el desdoblamiento de cada nivel de energía en subniveles, introdujo la elipticidad de las órbitas.

La concepción Bohr-Sommerfield tiene un carácter intuitivo, pero no explica suficientemente los fenómenos observados. Por ello a debido abandonarse por otro modelo, mucho más difícil de comprender, que se basa en el concepto matemático de probabilidad. Dicho modelo afirma que no se puede afirmar con exactitud en que punto se encuentra el electrón: no obstante, si se puede prever en que región del espacio se hallará muy probablemente en un instante determinado. A esta región se la llama orbital.

Partículas Exóticas:

Los científicos creyeron alguna vez que los átomos eran estructuras simples formadas por sólo tres partículas fundamentales: electrones, protones y neutrones. Sin embargo el estudio de la radioactividad demostró que cuando un neutrón se descompone en un protón, liberando un electrón (descomposición beta), existe una diminuta porción de masa con la que antes no se contaba, Esto sólo podía explicarse por la presencia de una partícula fantasma llamada neutrino. Más tarde se descubrieron los rayos cósmicos, partículas especiales del tipo de los electrones pesados, llamadas muones, y piones o pi-mesones, que mantienen unidos a los protones y neutrones. Muy pronto se descubrieron otros más, utilizando aceleradores construidos para desintegrar los núcleos por medio de la rápida rotación de las partículas.

Finalmente los científicos se vieron enfrentados a un desconcertante grupo de partículas subatómicas, hasta que lograron concluir que estas podían clasificarse en tres familias. Los electrones, los muones y los neutrinos son variaciones de una misma partícula llamada leptón; en tanto que los protones neutrones y piones son todos del tipo hadrón. Una tercera familia, conocida como bosones, incluye diminutas partículas mensajeras que transmiten toda la fuerza cósmica del universo. Los fotones, por ejemplo, son los bosones que transportan la fuerza electromagnética, y pueden existir partículas llamadas gravitones, responsables de la fuerza gravitatoria.

Ahora los físicos creen que todos los hadrones están constituídos por partículas incluso más básicas llamadas quarks. De acuerdo con la teoría de los quarks, estos vienen en seis formas: arriba, abajo, extraño, encantado, fondo y cima. Los neutrones y los protones son en esencia tripletas de quarks; los piones son pares. Junto con los leptones, los quarks parecen ser las unidades constitutivas del universo.

Como si esto fuera poco, los científicos han estado convencidos de que cada partícula tiene su antipartícula, su imagen reversa invisible, semejante pero en todos los sentidos opuesta. Por cada electrón existe un positrón invisible de carga positiva; por cada quark un antiquark, etc. Alguna vez se pensó que debería existir en el universo tanta antimateria como antimateria; pero ahora los científicos creen que en su mayoría fue destruída, poco después del Big Bang, junto con la mayor parte de la materia, quedando sólo la pequeña cantidad existente en el universo actual.

Materiales Compuestos:

Utilizados en todo, desde la fabricación de cocinas hasta de naves espaciales, los plásticos son uno de los más extraordinarios materiales artificiales y permanentemente se les encuentran nuevas aplicaciones. Casi sin excepción, están formados por moléculas gigantes especiales llamadas polímeros. La mayor parte de las moléculas que se encuentran naturalmente constan máximo de 20 ó 30 átomos; pero los polímeros están formados por cientos e incluso miles de ellos.

Los polímeros más simples se crean cuando la presión o el calor hacen que los monómeros , pequeñísimas moléculas, se alteren ligeramente y se unan en una larga cadena semejante a una serie de clips para papeles. Cuando se encadenan monómeros idénticos, se forman polímeros de adicción; si dos tipos de monómeros distintos reaccionan juntos se crean polímeros de condensación.

El polietileno, por ejemplo, es un polímero de adición formado por 50000 ó más monómeros de un hidrocarburo simple llamado etileno. Otros polímeros, como la celulosa y la seda, existen naturalmente, pero los polímeros artificiales pueden modelarse para ajustarlos a una amplia variedad de propósitos; en la actualidad miles de clases diferentes.

Se han desarrollado polímeros de cadena rígida como el Kevlar (inventado en los sesenta), que son más duros y más livianos que el acero. El Kevlar se emplea en muchas cosas, desde la fabricación de esquíes y otros artículos deportivos, hasta componentes vitales de las aeronaves; se emplea inclusive en chalecos antibalas. Los plásticos y los polímeros plásticos fueron alguna vez casi las únicas moléculas artificiales, pero desde mediados de los sesenta los científicos han avanzado enormemente en la creación de moléculas sintéticas. Las computadoras les han servido para diseñar y comprobar con rapidez, en la pantalla, diversas disposiciones moleculares. Las moléculas sintéticas comprenden ahora desde las zeolitas artificiales empleadas en la industria petroquímica, hasta los cristales líquidos usados en las pantallas digitales.

A comienzos del siglo, los científicos soñaban con encontrar balas mágicas, químicos que pudieran radicarse en las partes enfermas del cuerpo y curarlas. Hoy existen cientos de drogas de esta clase, destinadas no sólo a atacar los organismos causantes de la enfermedad sino también a reemplazar o bloquear el efecto de ciertos químicos del inferior del cuerpo.

Alguna vez las empresas farmacéuticas crearon nuevas drogas mediante el procedimiento de prueba y error, ensayando diferentes variaciones hasta encontrar la molécula perfecta. Hoy, la computadora hace innecesaria la preparación de estos compuestos, ya que los investigadores pueden reunir moléculas y probar su ajuste en una pantalla de computadora.

Elementos Radioactivos:

Tras el descubrimiento de los rayos X se abrió una nueva era en la química. El físico británico Charles Govler Barkla descubrió que, cuando los rayos X se dispersaban al atravesar un metal, dichos rayos, refractados tenían un sensible poder de penetración que dependía de la naturaleza del metal. En otras palabras, cada elemento producía sus rayos X característicos.

Existían algunas dudas de si los rayos X eran corrientes de pequeñas partículas o si consistían en radiaciones de carácter ondulatorio similares, en ese sentido, a la luz.

El físico alemán Max Theodore Felix von Laue demostró que se trataba de radiaciones con carácter ondulatorio.

Con este descubrimiento, muchos científicos se sintieron impulsados a investigar estas nuevas radiaciones, tan espectacularmente penetrantes. Antoine-Henri Becquerel se había mostrado interesado por la fluorescencia, osea la radiación visible.

Becquerel escubrió una sustancia, el sulfato de uranilo potásico (que cada una de sus moléculas contenía un átomo de uranio), que emitía radiación capaz de atravesar delgadas láminas de metal (en esa época solo se conocían los rayos X como la radiación capaz de atravesar delgadas cepas de metal). Becquerel expuso el sulfato al sol (para que la luz UV estimulara la fluorescencia) sobre una placa fotográfica. Pero entonces el cielo se nubló por densos nubarrones y como sin sol el experimento no resultaría, retiró la placa y el sulfato. Luego de unos días decidió revelar las placas con la esperanza de que, a pesar de la falta de luz directa, se hubiera emitido una pequeña cantidad de rayos X. Para su sorpresa la placa estaba totalmente negra a causa de una intensa radiación. Becquerel llegó a la conclusión de que esa radiación fue emitida por el uranio contenido en el sulfato de uranilo potásico. Este descubrimiento impresionó

profundamente a los químicos y muchos comenzaron a trabajar con este fenómeno. Uno de ellos fue la joven químico Marie Sklodowska casada con Pierre Courie.

Marie Courie decidió medir la cantidad de radiación emitida por el uranio. Marie Curie fue la que sugirió el términio de radioactividad y encontró una segunda sustancia radioactiva, el torio.

Se descubrieron nuevos tipos de radiación como los rayos gamma y se descubrió que los elementos radioactivos emitían radiación mientras se iban convirtiendo paulatinamente en otras sustancias, se podría decir que sería cm una versión moderna de la transmutación.

Los Curie descubrieron que la pechblenda (fuente natural del uranio) contenía regiones más radioactivas. Consiguieron toneladas de pechblenda y se instalaron en un cobertizo en condiciones precarias desmenuzaron la pechblenda en busca de nuevos elementos. En julio de 1898 habían aislado un polvo negro 400 veces más radioactivo que el uranio. Este elemento se colocó en la tabla periódica y los Curie lo bautizaron Polonio en honor a su país. Siguieron trabajando y ese mismo año encontraron un elemento aún más radioactivo que el polonio y lo llamaron radio.

Los Curie fueron los pioneros en la investigación de los elementos radioactivos. Marie Curie murió de cáncer a causa de los trabajos con radiación que realizaba sin protección alguna. Ya a principios del siglo 20 se siguieron sumando elementos a la tabla periódica. Para ese entonces casi todos los elementos "pequeños" estaban descubiertos. Elementos cada vez más pesados se fueron sumando a la tabla hasta el día de hoy que se conocen elementos con pesos atómicos mayores a 100 (el más pesado tiene un peso atómico de 110)

Radioisótopos:

Aparte de para producir electricidad, los reactores nucleares pueden utilizasrse para producir varios tipos de materiales con diversas aplicaciones. Muchos elementos tienen sus respectivos isótopos pero muchos de ellos no se consiguen de forma natural. Estos pueden conseguirse colocando un elemento en el interior de un reactor nuclear y bombardeándolo con neutrones. Los productos que se originan en el bombardeo son inestables tendiendo a volver a su estado original emitiendo radiación en un proceso llamado degeneración radioactiva. Los isótopos radioactivos reciben el nombre de radioisótopos.

Por ejemplo, si el yodo en su estado natural, I-127, se bombardea con neutrones, formará el radioisótopo I-128. Químicamente es identico al I-127 pero su núcleo ha absorbido un neutrón por lo que aumenta su masa.

El I-128 degenera gradualmente para transformarse nuevamente en I-127, emitiendo radiación (rayos beta), durante el proceso. En una muestra cualquiera de I-128, la mitad de ella se habrá transformado en I-127 en 25 minutos: a esto se le conoce como período de semidesintegración. El I-128 no es el único isótopo del yodo que puede producirse artificialmente por bombardeo de neutrones en un reactor nuclear. De hecho, se han llegado a producir 21 isótopos del yodo con períodos de semidesintegracion que van desde los 2,5 segundos hasta los 1720 millones de años (I-129). Por otro lado, de los elementos conocidos pueden llegar a obtenerse en la actualidad alrededor de 1400 isótopos distintos.

Los radioisótopos tienen muchas aplicaciones. Pueden utilizarse como fuentes de radiación para tratamientos médicos; por ejemplo, el cobalto-60, que emite rayos gamma penetrantes se usa para tratar el cáncer. Una pequeña aguja de este material se coloca al lado de los tejidos cancerosos y los destruye. Una de las aplicaciones más importantes de los radioisótopos es la de elementos trazadores, particularmente en diagnósticos clínicos. Por ejemplo, la circulación de la sangre por el interior de las venas puede ser estudiada inyectando una pequeña cantidad de sodio-24 radioactivo al paciente y seguir su movimiento a través del cuerpo mediante un detector de radiaciones.

Los isótopos pueden utilizarse para construir fuentes de energía muy fiables para aplicaciones tales como marcapasos y balizas. En el viaje a la Luna Apolo 12 se utilizó un generador de este tipo para proporcionar energía a una serie de instrumentos que se dejaron en la superficie lunar.

También se pueden usar en el ambiente industrial para descubrir defectos en las piezas. Se coloca un radioisótopo de un lado de la pieza y del otro lado una película sensible a la radiación. Al revelarse la película queda impresa la pieza mostrando cada grieta que pudiera tener por imperceptible que esta fuera.

La energía nuclear:

La energía nuclear es la energía liberada cuando se dividen cierto tipo de átomos. En el interior de un reactor nuclear esta división tiene lugar en unas condiciones controladas cuidadosamente. El funcionamiento de las armas atómicas depende también de esta división, pero se lleva a cabo en condiciones totalmente distintas; tal es el caso de una bomba atómica. En ambos casos se libera gran cantidad de energía al dividir el átomo.

En un reactor nuclear la energía se usa para hacer hervir agua y producir vapor, el cual acciona turbinas de vapor y produce electricidad. Bajo este aspecto no existe gran diferencia entre una central térmica que utilize carbon o fuel-oil como combustible; ambas utilizan

turbogeneradores para transformar el calor en electricidad. Sin embargo, a diferencia del carbón o petróleo, la energía nuclear no se puede utilizar para otros fines que no sean la producción de electricidad. No podemos llevar a cabo la división en una caldera o usarlos para mover un coche. Ello es debido a a que la energía nuclear precisa de medios de control muy complejos para que su liberación se efectúe de forma segura y de protecciones de gran espesor para evitar el escape de los productos generados en la división atómica. Las centrales atómicas son muy grandes y su construcción es muy costosa. Están diseñadas para extraer la escalofriante energía del átomo en forma segura y controlada.

Las primeras centrales nucleares se construyeron en Inglaterra y Estados Unidos en los años 50. Actualmente existen más de 200 centrales atómicas en funcionamiento en todo el mundo. Ultimamente su construcción a decaído ya que mucha gente opina que es una amenaza para el medio ambiente innecesaria y que podrían ser reemplazadas por otras fuentes de energía más seguras. Sin embargo otros esperan a que las reservas de combustibles fósiles escaseen para que se produzca un nuevo impulso en este tipo de energía.

Se vienen haciendo estudios sobre la fusión desde hace ya varios años. De lograrse una central de fusión que une átomos pequeños en otros más graned liberándose enrgía mayor a la fisión esta sería la fuente de energía ideal. Se ha logrado en Rusia con un aparato llamado Tokomak llevar a cabo fusión. Claro que a pesar de haber funcionado bien consumió más electridad de la que generó.

La Química del Año 2000

La química juega un importantísimo papel en la vida moderna y lo seguirá haciendo en los años venideros. Los productos químicos son escenciales si la población mundial debe ser vestida, alimentada y resguardada. Las reservas mundiales de combustibles fósiles se irán eventualmente agotando y nuevos procesos y materiales proveeran al mundo del siglo 21 de fuentes de energía alternativa.

Energia Alternativa:

Energía Solar:

Si se pudiera conseguir un material que convierta a la energía solar en energía eléctrica mas 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, luegos se los almacena en edificios especialmente construidos 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 inmesa 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 invencion y son parte escencial de gran parte de los aparatos elctrónicos 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 pesadasy 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 lados también sería factible la producción de nuevos combustibles más eficientes y con una menor tasa de contaminación que combiandos con motores más eficientes disminuirán la contaminacion 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 seguras.

Se podrán construir autos más livianos y tan resistentes como los actuales y hasta aún más. Mejores materiales resistentes al calor que sustituiran 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 perdida de calor de casas y heladeras.

Bibliografía:

- Enciclopedia Temática Océano Tomos 2 y 3
- Enciclopedia Británica (versión en inglés)
- Enciclopedia El Árbol de la Sabiduría
- Introducción a la Ciencia - Isaac Asimov
- Energía Nuclear - Nigel Hawkes - Ed. Plaza & Janes
- Ciencia Explicada - Clarín
- Química - Sienko / Plane - Ed. Aguilar
- Internet - www.levity.com
- Enciclopedia Encarta 97

Alejandro Carrasco
alejc@iname.com