



2
2 Gen.

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Química

**ENSAYO A LA EPISTEMOLOGIA
DE LA QUIMICA**

T E S I S

**Que para obtener el Título de:
INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

P r e s e n t a

Roberto Andrade Fonseca

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTRODUCCION

En una época como la nuestra, en la que el cúmulo de conocimientos aumenta y - cambia día a día, es indispensable que los profesionales de la química tengan una forma ción que les permita comprender y asimilar el desarrollo de la ciencia moderna.

La formación científico-humanística que deben tener los egresados de carreras - técnicas sólo será posible cuando en los currícula de cada una de las carreras de licen ciatura se incluyan asignaturas que permitan la generación de un espíritu crítico respec to al porqué y al para qué de la ciencia.

Algunas de las asignaturas que, en mi opinión, deben incluirse en las carreras - de Ciencias Químicas son las de Historia de la Química y Filosofía de la Ciencia.

El propósito de este trabajo es llamar la atención sobre la importancia de es - tos tópicos y servir, además, como una introducción al estudio de la teoría del conoci - miento en el terreno de la química.

Este ensayo a la epistemología de la química pretende ser útil para alumnos de los primeros semestres de las carreras de ingeniero químico, químico farmacéutico biólo go, químico e ingeniero de alimentos. Se ha tratado de usar un lenguaje sencillo, pero - sin perder la profundidad y seriedad necesarias para una formación profesional.

El hilo conductor del ensayo es la historia de la química, desde sus inicios - hasta finales del siglo XIX. Sin embargo, la posibilidad de que se desemboque en un - historicismo vano es grande: el conocimiento de fechas, nombres, descubrimientos, anéc dotas, no garantiza, de ninguna manera, que se tenga consciencia del desarrollo seguido por la química para llegar al punto en que se encuentra.

La historia de la química no es la suma de acontecimientos ocurridos desde que el hombre descubrió el uso del fuego hasta la síntesis del nuevo compuesto químico - realizado hoy, por ejemplo. La historia de la química, para ser entendida cabalmente, debe contemplar el estudio de la evolución del pensamiento científico a través de la óptica de la teoría del conocimiento.

La teoría del conocimiento o epistemología es, en primera aproximación, la explicación e interpretación del conocimiento humano. Así, un estudio sobre la epistemología de la química debe dar cuenta de la manera en que se generó y desarrolló el conocimiento químico a lo largo de las diferentes épocas en que se suele dividir a la historia de la química.

LA TEORÍA DEL CONOCIMIENTO Y LA RELACION OBJETO-SUJETO.

La naturaleza es un todo y el hombre es parte integrante de ella. El hombre, en su empeño para sobrevivir en un mundo que suele serle hostil, tuvo necesidad de conocer a la naturaleza para aprovecharla y transformarla. La única manera en que el hombre puede conocer a la naturaleza es interaccionando con ella, es decir, a través de la acción recíproca entre el sujeto cognocente y el objeto a conocer.

La interacción objeto-sujeto se da, en primera instancia, como resultado de las percepciones que efectúa el sujeto sobre la actividad del objeto: El hombre pudo establecer la existencia del día y la noche al notar la diferencia en que eran impresionados sus sentidos en cada una de esas etapas: el cambio en la temperatura, de visibilidad, de objetos en la esfera celeste, de comportamiento de la fauna etc. Otra manera en que se da el inicio de la interacción es a través de las necesidades biológicas y espirituales que el sujeto debe satisfacer: el conocimiento de la existencia del año solar y las estaciones surgió como resultado de la actividad agrícola de las-

primeras civilizaciones, pues tal conocimiento era imprescindible para la alimentación de la población. Finalmente, la interacción objeto-sujeto puede efectuarse a través de la oposición que el entorno le presenta al sujeto para su supervivencia: la invención del arco y la flecha, la recolección de plantas medicinales, la predicción de eclipses, no son más que el producto de la necesidad que tuvo el hombre para asegurar su integridad ante las acechanzas, ciertas o falsas, de la naturaleza.

El objeto-cuerpo, fenómeno, proceso, se muestra al sujeto en toda su complejidad y unido íntimamente a sus alrededores. Así, la primera actividad que debe realizar el sujeto para que pueda producir el conocimiento y pueda aprender la manera en que este se produce, consiste en la discriminación del objeto con respecto a su entorno: El sujeto debe realizar una operación mental que lo lleve a delimitar su objeto y a centrar su atención en él.

En el proceso de discriminación para llevar a un primer plano al objeto de conocimiento, el material sensorial que recibe el sujeto cognocente es sometido a una sistematización y elaboración por medio del pensamiento y en el contexto de los conocimientos, la experiencia y las concepciones, es decir, toda la psiquis del hombre: Al percibir nuestros sentidos una construcción, ésta es catalogada como un edificio para habitación, una escuela, una fábrica, etc., y esta percepción sensible inmediata se plasma en determinada actitud como interés, indiferencia, admiración, desagrado, etc. Del mismo modo, la cultura, la experiencia, los pensamientos y el saber de un sujeto cognocente le permiten identificar, por un simple ruido, la cercanía de un avión que se aleja o se acerca, e incluso la clasificación de éste como un avión de hélice o reacción.

Esta delimitación del objeto, en la cual participa toda la psiquis del sujeto, es el inicio del proceso de conocimiento.

Por el hecho de participar toda la psiquis del hombre en la percepción de la sensación más elemental, se puede afirmar que las percepciones que realiza el sujeto se encuentra asociadas y condicionadas por los caracteres ontogenético y filogenético del pensamiento y de los conocimientos del hombre. El pensamiento y los conocimientos que posee un investigador en el momento de enfrentarse a su objeto de estudio son producto del esfuerzo que ha desarrollado a lo largo de su vida para adquirirlos (aspecto ontogenético); pero su nivel de desarrollo también es función de la época en que vive, de la cultura que hereda, de la visión del mundo que le hacen llegar su entorno social a través de los diversos medios de comunicación y de las acciones en que se ve involucrado, todo ello como un producto histórico de la humanidad (aspecto filogenético).

El presente ensayo a la epistemología de la química tiene como objeto el desarrollo de las ideas aquí propuestas, tomando como marco de referencia los aspectos ontogenéticos y filogenético de cada época de la historia de la química.

En el capítulo cinco de este ensayo se confrontarán las ideas de algunos representantes de las corrientes positivista y dialéctica con el fin de dilucidar cuál de ellas interpreta de la mejor manera el desarrollo que se ha efectuado en el campo de la química y, sobre todo, determinar cuál de esas posiciones filosóficas resuelve de la manera más integral y objetiva el problema de la generación del conocimiento científico en general y de la química en particular.

1. LA CIENCIA EN LA ANTIGUA GRECIA

En este capítulo se estudiará la historia de la ciencia griega desde sus orígenes, en el siglo VI antes de nuestra era, hasta su virtual desaparición en el siglo V de nuestra era.

Además, se buscará la relación entre las civilizaciones del cercano oriente y las del mar Egeo, presentando a las primeras como las antecesoras del pensamiento científico de los griegos.

1.1 EGIPTO Y MESOPOTAMIA

No es posible imaginar que la cultura desarrollada en la antigua Grecia surgiera por sí misma, sin ningún antecedente histórico que le diera fundamento y que aportara toda una serie de técnicas y conocimientos científicos, a los cuales los griegos intentarían dar una estructura. Estos requisitos fueron aportados por las dos culturas más adelantadas de su época: la de Egipto y la de Mesopotamia.

La primera se desarrolló en el norte de África y la segunda en la zona comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates.

Cada una de esas civilizaciones había logrado avances importantes en el terreno de las matemáticas, astronomía, metalurgia, cerámica, textiles, etc., y que sin duda fueron el resultado de una serie de observaciones sobre la manera en que se le presenta el mundo al hombre (astronomía), o del modo en que la naturaleza puede ser modificada por la acción de un individuo (cerámica, metalurgia).

Los egipcios, ya en el año 4000 A.N.E. poseían un alfabeto, plumas, tinta y papel, la construcción de las grandes pirámides se sitúa entre los años 3000 y 2500 -

A.N.E.

Por esta época los egipcios tenían también conocimiento sobre agricultura, quesería, alfarería, cristalería, construcción de barcos y tejidos. Conocían, además, las proporciones correctas de cobre y estaño que les permitían obtener el bronce más dúctil el cual templaban para darle más tenacidad.

La ciencia babilónica es probablemente más antigua que la egipcia. Los egipcios escribieron con pluma y tinta sobre papiro, un material perecedero. Los babilonios lo hacían con un estilete sobre tablillas blandas de arcilla que eran cocidas uteriormente, por lo que constituían documentos prácticamente indestructibles, de los cuales se conservan algunos que nos han permitido conocer detalles de su cultura.

Al igual que los egipcios, los babilonios estaban familiarizados con el sistema de notación decimal, pero éstos lo complementaban con un sistema sexagesimal.

Se han encontrado tablas de multiplicar y de dividir, tablas de cuadrados de todos los números enteros hasta el 60, una tabla de cubos hasta el 16; hay también - ejemplos de progresiones aritméticas y geométricas. Sin embargo, tales tablas servían para el cálculo de interés y de otras cuestiones semejantes, sin ir acompañadas de - pruebas o teorías, lo que demuestra su fundamento totalmente empírico.

Debemos a los babilonios la división de la circunferencia en 360 grados o - partes. Esta invención fue tomada por los griegos y transmitida por ellos a Europa - Occidental.

Otro de los campos en el que tuvieron gran avance fue en el de la astronomía, aunque esta incluía un componente decididamente supersticioso. Tenían un año helio-lu lunar de 12 meses de 30 días, es decir, un total de 360 días.

En todas las técnicas mencionadas hasta ahora se vislumbra el germen que ha rá nacer la cultura griega. No hay que perder de vista que este conocimiento técnico, a pesar de su importancia, todavía no es ciencia en sentido estricto. No contiene indicios de un intento de explicar todos los fenómenos del universo según un sistema in teligible de leyes naturales. El logro técnico en sí mismo no es prueba de la capacidad de abstracción consciente, de la posibilidad de obtener leyes generales que rijan la variedad de los fenómenos y de utilizar estas concepciones generales para la organi zación del saber.

A pesar de las consideraciones anotadas anteriormente Farrington opina que- si había ciencia en épocas anteriores a los griegos, al escribir: "...Si no tuviésemos más pruebas, deberíamos negar a los egipcios el mérito de haber atravesado el umbral del templo de la ciencia".

"Estas pruebas las proporcionan en cierta medida los logros de los egipcios en astronomía" (1). En seguida relata la importancia del calendario para la práctica agrícola en la zona del Nilo, y algunas consideraciones sobre los cálculos hechos por los egipcios para obtener un año de 365 días, después de lo cual agrega: "Pero como - la astronomía egipcia estaba casicon certeza basada en observaciones de los babilonios, no pondremos demasiado énfasis en ello como prueba de su capacidad científica. Los lo gros indudables de los egipcios fueron las matemáticas y la medicina" (2).

A continuación, Farrington habla sobre los hallazgos que, en su opinión, fun damentan su aseveración: los papiros de Rhind y de Edwin Smith. al mencionar el descu brimiento accidental de estos documentos, Farrington aconseja: "...adoptar una actitud abierta en lo concerniente a la amplitud de la ciencia egipcia".

El papiro de Rhind que trata sobre las matemáticas, además de demostrar que los egipcios tenían un sistema decimal de notación, nos hace saber que poseían ciertos

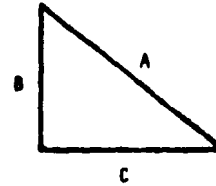
conocimientos de las propiedades de los números. "Sabían que la suma de los cuadrados de 3 y 4 es el cuadrado de cinco; y por el método de la proporción eran capaces de utilizar este conocimiento en sus cálculos... Estaban por tanto, familiarizados con un caso particular del Teorema de Pitágoras" (3).

Al hablar sobre el segundo papiro, Farrington dice: "El testimonio sobre la medicina egipcia que proporciona el papiro de Edwin Smith es de resultados aún más sorprendentes que el caso de las matemáticas. El papiro es un fragmento de un texto de cirugía que trata de las heridas..." (4). En dicho documento cada tipo de herida es expuesto sistemáticamente: primero se menciona la lesión, después los síntomas y luego el diagnóstico y el pronóstico, el cual nos dice si la enfermedad es curable o no. Al respecto, Farrington anota: "Se trata, en suma, de un conjunto de saberes que deben ser considerados como el resultado de una larga tradición de observación y reflexión. Como tal, es un trabajo científico en sentido estricto" (5).

Se debe tener presente que, hasta antes de los griegos, cualquier intento de explicar el universo o parte de él incluía elementos eminentemente religiosos, por lo cual siempre se encontraban en tales "modelos" personajes míticos o fabulosos que de alguna manera, llenaban los huecos dejados por los postulados o hipótesis que hubieran podido hacer de su conjunto de conocimientos un todo lógico y objetivo.

Sin embargo, es innegable que las aportaciones que hicieron estas culturas fueron el fundamento--sino de sistemas, por lo menos empírico--que permitió que la civilización griega tuviera a su alcance una serie de conocimientos dispersos y con una relación entre sí poco notable, como para poder plantearse preguntas cuyas respuestas trataran de unificar un universo tan disímil.

Teorema de Pitágoras



$$A^2 = B^2 + C^2$$

1.2 INICIOS

Una vez preparado el mal llamado "milagro griego" por los egipcios y los babilonios, trataremos de situar a los fundadores de la filosofía dentro de su contexto histórico.

Cualquier intento de describir los inicios de la ciencia griega necesita partir de los elementos científicos que aparecen en las más antiguas fuentes de la literatura griega: La Iliada y la Odisea. En estas obras se mencionan, además de la medicina y la cirugía, diversas técnicas como la herrería, la alfarería, la curtición de pieles y algunos productos metálicos como el oro, la plata, el plomo, el hierro y el estaño. Pero, anota Farrington: "...no hay nada en todo esto de particular importancia para la historia de la ciencia, nada que no haya sido igualado por egipcios y babilonios..." .

La verdadera originalidad de los griegos es la de haber iniciado la filosofía especulativa.

En la Iliada y la Odisea el acontecimiento histórico y carácter humano forman un todo inseparable. El hombre es el autor de su propio destino. Al respecto Kirau afirma: "El mundo homérico es un mundo de orden y armonía" (6).

En estas obras el hombre toma una nueva dimensión, los dioses son, más que objetos de culto o de miedo, simples mecanismos poéticos.

En las culturas antecedentes el saber era manejado por la clase sacerdotal, mientras que en Grecia fue un movimiento laico: era propiedad de los hombres que tenían como base al sentido común.

¿Qué es la filosofía? (*)

(*) = Respuesta o comentario en el Anexo I

Por otro lado, se debe tener presente la favorable localización del mundo griego en el Mediterráneo: se encontraba en el centro de una zona con una actividad comercial emprendedora, que tuvo como resultado la recopilación de conocimientos de las civilizaciones contemporáneas de los griegos y los condujo a la construcción de una cultura cosmopolita.

Bajo tales condiciones fue posible que naciera lo que ahora llamamos el pensamiento puro.

Esta necesidad de un pensamiento teórico no niega las necesidades prácticas. En aquellos tiempos el tratar de buscar respuestas teóricas se fundamentaba en, e iba dirigido hacia, la resolución de los problemas de la vida cotidiana, aunque no siempre era este el objetivo último.

Al tratar sobre el punto que nos ocupa, Xirau dice: "...Si algo nos sorprende en el pensamiento de los primeros filósofos griegos es el grado de abstracción y el grado de racionalidad de las preguntas que se proponen. Ya no les basta con encontrar varias soluciones para explicarse el porqué del mundo y el para qué del destino del hombre (7).

Los primeros filósofos griegos, al igual que los filósofos actuales, "han querido encontrar una sola respuesta a esta pregunta" (8); "quieren dar una explicación única y racional que englobe a todos los hechos, todos los pensamientos y todas las acciones" (9).

Bajo tales pretensiones, se inicia la filosofía griega en las mismas tierras jónicas donde nacieron los poetas homéricos.

Los nombres de los tres filósofos griegos que cubrieron la primera etapa de-

Las leyes científicas actuales suelen tener un ámbito de aplicación restringido. ¿Podrías dar algunos ejemplos? (*)

la escuela jónica (primera mitad del siglo VI A.N.E.) son Tales, Anaximandro y Anaxímenes.

TALES DE MILETO fue el primer filósofo de Grecia. Lo sobresaliente de su trabajo es haber ofrecido, por vez primera en la historia, una explicación general de la naturaleza sin invocar la ayuda de ningún poder sobrenatural. Afirmó que el agua es el origen de todas las cosas y que las formas de "lo que existe" son vapor, agua y tierra.

El hecho de que Tales propusiera al agua como principio no debe sorprendernos, pues además de partir de una tradición egipcia, seguramente observó que el agua es necesaria para la vida y que en su ciudad natal, donde todo el comercio se hacía por mar, el agua se convertía en el medio necesario para la supervivencia de sus coterráneos.- Además, es posible que observara los cambios de estado de agregación del vital líquido.

Tales había aprendido algo de astronomía con los babilonios, pero en su pensamiento fue más lejos que ellos; intentó explicar la composición del Universo. Para Tales, la Tierra y el cielo constituyen un todo unitario. Como todas las demás cosas, - los cuerpos celestes son, en último instancia, agua. "Para los astrólogos babilonios, - las estrellas eran dioses; para Tales, eran vapor de una olla". (10). La composición - del Universo se había convertido en algo familiar para el hombre. La ciencia comenzó a avanzar por sí misma.

ANAXIMANDRO, también de Mileto, vivió alrededor del siglo VI. Fue discípulo - de Tales, de quien tomó las ideas principales y las superó con creces. Su interés por - la astronomía lo llevó a dar una nueva versión de la naturaleza del universo. La Tierra, cuerpo celeste, tiene forma cilíndrica. Suspendida en el centro del espacio, está rodeada por estrellas, todas ellas hechas de fuego. Cuando se pregunta: ¿Cuál es el -

origen de todas las cosas? Anaximandro se responde, empleando por primera vez una argu-
mento lógico, que ninguno de los cuatro elementos (fuego, aire, agua y tierra) pueden-
ser el origen de la totalidad del universo, pues si afirmamos que un solo elemento es-
la causa, admitimos que la parte es la causa del todo, lo cual es obviamente contradic-
torio. El origen hay que encontrarlo en el apeiron, palabra que significa lo indefini-
do y lo informe. "Se trata de un gran progreso hacia la comprensión abstracta de la ma-
teria. La sustancia fundamental no es algo visible, o un estado de materia tangible, -
sino una especie de denominador común básico de todas las cosas sensibles al que se -
llega por un proceso de abstracción" (11).

Al respecto Xirau anota: "Es posible que el origen histórico de la idea del -
apeiron deba encontrarse en aquella vieja visión hesiódica del caos. De todos modos, y
sea cual sea su origen, es mucho más abstracta que la del caos mitológico" (12).

Además de esta abstracción. Anaximandro aporta otros argumentos importantes para
la filosofía. El primero de ellos se desprende de sus palabras: "Las cosas tienen que-
cumplir la pena y sufrir la expiación que se deben recíprocamente por su injusticia".
Se debe notar que esta frase parece describir una escena de tribunal. Tales "penas" -
son los cambios sufridos por la naturaleza, que no son más que el resultado de la lu-
cha entre los opuestos. Xirau agrega: "¿Como imaginar el menor movimiento en un mundo -
en que todo fuera idéntico a todo lo demás? Tan solo la diferencia, la oposición, la -
"injusticia y la justicia" explican el que, de lo justo a lo injusto, de lo injusto a
lo justo, exista movilidad" (13).

Otra de sus aportaciones interesantes se refiere al origen de los seres vivos.
A partir de su idea sobre la evaporación del agua de los mares expresa una brillante-
teoría evolucionista en la cual dice: "Los seres vivos nacieron del agua cuando ésta -

fue evaporada por el Sol. El hombre, al principio, parecía otro animal, concretamente un pez".

El tercero de los milesios, ANAXIMENES, no aportó nada tan interesante como lo de sus predecesores. A las mismas preguntas que se hacía Anaxímenes respondía que el origen de la vida debe buscarse en el aire.

El único punto de vista importante con el que contribuyó fue la idea de la rarefacción y la condensación como procesos que permiten la existencia de los diferentes estados del agua.

HERACLITO nació en Efeso, en las mismas tierras jónicas donde se desarrolló el primer pensamiento filosófico. Su madurez como filósofo se sitúa alrededor del año 478 A.N.E. Heráclito se preguntaba sobre la validez de las aseveraciones de sus predecesores: los maestros de la escuela jónica habían expuesto teorías muy impresionantes, pero ¿cómo saber si estaban en lo cierto? Todas sus afirmaciones estaban basadas en argumentos, por lo cual su certeza no resultaba obvia para cualquier persona. Nada de lo que había dicho podía observarse directamente. Heráclito se planteaba problemas que ahora caerían, sin dificultad, dentro del campo de la Teoría del Conocimiento.:

Desde un principio, Heráclito afirmaba que existían dos formas de conocer, una verdadera y una falsa. La primera es la que obedece a la razón (logos). La segunda es la que se apoya en los sentidos o en un mal entendimiento de ellos. Dice Heráclito: "Sabio es escuchar, no a mí, sino a la razón... Esta razón, siendo eternamente verdadera, empero los hombres son incapaces de comprenderla antes de oírla y después de haberla oído".

A su conocimiento lo llama sabiduría, que no era un don de los sentidos, sino de la razón: "Malos testigos son para el hombre ojos y oídos, teniendo alma de bárbaro".

Esta novedosa explicación acerca del origen del hombre sería sepultada posteriormente por la religión judeo-cristiana al asegurar que la especie humana fue creada tal como la conocemos actualmente.

Heráclito intenta definir el conocimiento cuando dice: "La razón es común (es decir, - la misma para todos), pero los hombres viven como si comprender fuese privativo de cada uno; comprender no es más que exponer la forma en que el universo funciona".

La aportación más importante de Heráclito se encuentra en su conocida aseveración que dice: "No puedes entrar dos veces por el mismo río, pues otras aguas fluyen hacia ti". En esta frase se encierra la noción de movimiento como una propiedad fundamental del universo. En efecto, si vivimos en el tiempo, si el tiempo transcurre en todas las cosas, nada es, en verdad, repetible.

Xirau encuentra en este aforismo, ligándolo con otros de Heráclito, el principio de la "guerra" entre los opuestos: "Heráclito no se contenta con afirmar que el movimiento existe... (Quiere) encontrar una explicación de los orígenes del movimiento...: si entramos y no entramos en las mismas aguas del río es porque somos y no somos. El sentido es movimiento y el movimiento sólo es posible si existe la desigualdad, el contraste y la oposición" (14).

Finalmente, otras afirmaciones de Heráclito parecen confirmar lo anterior: -- "Bien y mal son la misma cosa"; el camino hacia arriba y hacia abajo es uno y el mismo"; los hombres no saben que el mundo, "divergiendo conviene consigo mismo".

Concluyendo, podemos decir que la aportación más importante de Heráclito corresponde a su idea sobre el cambio y el movimiento como propiedades fundamentales de la naturaleza.

En la época comprendida entre Anaximandro y Heráclito se desarrollaban en la Magna Grecia (Sicilia, sur de Italia) varias escuelas filosóficas seguramente influenciadas por el pensamiento en boga en el Asia Menor. Una de las de mayor influencia fue la de los pitagóricos. La figura de pitágoras, más legendaria que real, se sitúa alrededor del siglo V A.N.E. El movimiento por él iniciado fomentó un gran desarrollo de-

Para que una explicación sobre el funcionamiento del Universo sea aceptada como verdadera debe cumplir los requisitos del conocimiento científico. (Ver: Bianche, Cap. V).

Una de las corrientes filosóficas actuales (materialismo dialéctico) plantea que el origen del movimiento es la oposición entre los contrarios.

la aritmética y la geometría.

Aunque Tales y Anaximandro usaban algunos conceptos geométricos y aritméticos en sus concepciones del universo, no es posible compararlos con los avances logrados - por los pitagóricos en su momento: fueron los primeros en establecer las condiciones - bajo las cuales una verdad matemática puede considerarse demostrada. Llegaron a esta - blecer el teorema que ahora lleva el nombre del fundador de su escuela, alrededor de - la mitad del siglo V. Definieron el concepto de unidad y de número y propusieron una - clasificación para éstos; además, expusieron la media aritmética, la geométrica y la - armónica.

Esta dedicación a las matemáticas llevó a los pitagóricos a decir: "El cielo - entero es armonía y número". Esta afirmación es importante si consideramos que la ff - sica y la química actuales son eminentemente cuantitativas y que, en última instancia, seguimos confiando en la cuantificación de los fenómenos naturales.

Otra de las afirmaciones sorprendentes de los pitagóricos fue la que proponía un universo heliocéntrico formado por el fuego Central rodeado por planetas esféricos. Tras de esta representación se encuentran dos argumentos sustentados por esta escuela: el primero de ellos basado en la relación entre el tono de las notas producidas por - una cuerda tensa y la longitud del medio vibrante, lo cual llevó a los pitagóricos a - imaginar al universo como un enorme diapasón, con los planetas colocados a intervalos - proporcionales, girando eternamente alrededor del Fuego Central (el Sol); el segundo - argumento hace referencia a las figuras "perfectas": la esfera y el círculo. Como el - universo está hecho por un dios geómetra, éste debe haberlo creado con tales figuras, por lo tanto los planetas describen órbitas circulares y tienen formas esféricas.

No debemos sobreestimar a los pitagóricos por su brillante teoría. Debemos -

analizar, mas que los resultados, los métodos. Su error fue establecer argumentos geo
métricos y matemáticos a priori. Las formas y los movimientos verdaderos sólo pueden-
ser descubiertos por la observación.

Cuando empezó a ser evidente que la naturaleza era indiferente a las matemáti-
cas pitagóricas, empezó a decaer la tradición de esta escuela. Un golpe importante -
para los pitagóricos fue el encontrar una cantidad que no podía ser representada con-
un sólo número, esta cantidad es $\sqrt{2}$. "Como la misma palabra irracional implica, la ra
zón parecía estar amenazada por ello" (15). El descubrimiento de los números irracio-
nales implicaba que una línea podía dividirse hasta el infinito. Si la línea no tiene
una cantidad determinada de puntos, entonces el número no era algo esencial a la natu-
raleza. Se desmoronaba el universo pitagórico, fabricado con esos puntos como ladrí-
llos.

PARMENIDES de Elea, aunque fue discípulo de los pitagóricos sobresale por su
concepción del mundo, radicalmente opuesta a la de Heráclito, de quien fue contemporá-
neo.

Para Parménides, el mundo sensible no es más que un mundo de apariencia. Nues-
tros sentidos nos engañan, el universo (el ser) no cambia.

Parménides parte de una afirmación que podría parecer trivial: "Lo que es, -
existe; lo que no es, no existe". Haciendo uso de un razonamiento bastante rígido --
(una forma de razonamiento de reducción al absurdo) llega a conclusiones muy importan-
tes:

El ser es eterno porque no tiene principio ni fin. "Porque si se generó--di-
ría Parménides--, no es, y si está a punto de llegar a ser, quiere decir que aún no-

La observación no implica
solamente "mirar". En el-
sentido más amplio es la
adquisición de información
acerca de un proceso o fe-
nómeno a través de nues-
tros sentidos y/o de ins-
trumentos.

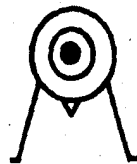
es. En otras palabras, el ser nunca fue un no-ser, pues el no-ser no existe, todo lo que existe es el ser.

El ser es indivisible, puesto que si se pudiera dividir, entre las dos partes debería haber algo, pero ese algo tiene que ser el ser, pues el no-ser no existe; por lo tanto no hay división posible.

Actualmente diríamos que Parménides no acepta la existencia del vacío.

El ser es inmóvil. El ser no puede moverse, por que el movimiento es el dejar un lugar para llegar a otro. Esto implica la existencia de lugares donde no está el ser, implica la existencia del no-ser.

Por razonamientos semejantes Parménides llega a la conclusión de que el ser es inmutable, es decir, no cambia a través del tiempo y del espacio, concepción diametralmente opuesta a la de Heráclito, quien consideraba el cambio como uno de los atributos fundamentales del universo.



Cuando Parménides observa que la flecha si llega al blanco (es decir, se mueve), él aduce que tal hecho es sólo una ilusión - de los sentidos.

1.3 LAS CORRIENTES ATOMISTAS

Parménides había planteado varios problemas que deberían ser superados por sus sucesores. Los planteamientos parmenideos que resaltaban eran los relacionados entre la lucha entre la razón y los sentidos y sus conceptos sobre la unicidad del ser.

EMPEDOCLES, el filósofo de Agragas, se esforzó en reconstruir la vieja tradición jónica de la observación como método de conocimiento, pero sin olvidar las críticas de Parménides al uso indiscriminado de los sentidos. Sobre lo anterior escribió: "Considera ahora con todas tus fuerzas de qué forma es posible el conocimiento. Y no tengas mayor confianza en la vista que en el oído, ni pongas el oído rumoroso por encima de las percepciones de la lengua, ni quites fe a ninguno de los demás órganos por los cuales es posible el conocimiento". Empédocles replantea en el párrafo anterior la importancia de los sentidos como participantes en la generación del conocimiento, sin colocarlos por encima de los demás órganos por los cuales es posible el conocimiento.

Aún quedaba la dificultad sobre el Uno parmenideo. Las conclusiones obtenidas al analizar la proposición "El ser existe, el no-ser no existe" llevaba a pensar en la imposibilidad de un mundo variado, múltiple, dinámico y mutable.

Empédocles no siguió la corriente monista de Parménides y propuso no uno, sino varios principios primarios. Así, introducía la multiplicidad y la variedad en la naturaleza esencial del ser, tratando de justificar el mundo cambiante y multiforme que perciben nuestros sentidos. Las sustancias primarias propuestas fueron la tierra, el aire, el agua y el fuego; elementos derivados de sus predecesores jónicos. El mecanismo que provocaba los cambios en la naturaleza fueron el amor, que tendía a unir a los cuatro elementos, y el odio, que tendía a separarlos.

¿Qué llevó a Empédocles a proponer tales sustancias primarias? (*).

ANAXAGORAS fue más allá que Empédocles. Se distinguió como defensor del plu-

ralismo más radical que pueda concebirse. Según él, los primeros principios o semillas que componen el universo son infinitos en número y en variedad. Tales semillas contienen una parte de todas las cosas que conforman al mundo. Esta teoría podía explicar el porqué si comemos pan nos crece el pelo, las uñas, la piel, etc. Anaxágoras, en su teoría, nos dice algo acerca de la constitución de la materia: podemos dividir cualquier cosa hasta el infinito, pues por más lejos que se lleve la división nunca se llegará a una porción de materia que no contenga una parte de cada cosa. Además, supone que el tipo de sustancia depende de la cantidad de semillas presentes en ella; el agua está formada principalmente por semillas de agua y una cantidad menor de los otros tipos de semillas.

Las teorías propuestas por Empédocles y Anaxágoras no fueron más que el inicio de la corriente que atribuyó a la materia la propiedad de ser discontinua. Esta corriente fue refinada hacia la segunda mitad del siglo V A.N.E. por Leucipo y Demócrito.

LEUCIPO coincide con Parménides al insistir en que la sustancia primera era sólida, increada, inmóvil y uniforme en su naturaleza esencial. En lo que difiere es en la naturaleza continua de la materia. Leucipo introduce la doctrina del vacío: Así como existe la materia (el ser), también existe el vacío (el no-ser). El modo de existencia del vacío es, precisamente, el de carecer de un contenido, el de no tener materia. Con estos dos tipos de existencia, átomo y vacío, Leucipo podía construir un universo que satisficiera los requisitos de la lógica y de las diferentes maneras de manifestarse del universo.

"La lógica exigía que existiera alguna sustancia permanente como fundamento del mundo cambiante. El sentido común pedía que el sencillo testimonio de nuestros sentidos sobre la existencia de un variado y cambiante mundo, no fuese sacrificado por las

¿Cuál sería la diferencia entre la filosofía de Empédocles y la de Parménides? (4)

exigencias de la lógica" (16). Lo que permanece es el átomo, lo que observamos es la manifestación de las múltiples maneras en que se pueden combinar los átomos.

DEMOCRITO de Abdera, discípulo de Leucipo, amplió la teoría de su maestro al precisar los postulados anteriores y acuñar otros más. Uno de ellos, aunque no era nuevo dice: "Nada se crea de la nada ni desaparece en la nada". Demócrito fue el primero en hacerlo explícito y lo tomó como primer fundamento del nuevo mundo físico que proponía. Tras proponer la permanencia de la materia, formuló su tesis determinista: "Por necesidad están predestinadas todas las cosas que fueron, son y serán". Farrington anota: "A la luz (del determinismo) la ciencia se convierte en conocimiento de causas, siendo la meta del físico el descubrimiento de la sucesión precisa de los hechos" (17). Es evidente que lo planteado por Demócrito es el germen de la relación causa-efecto.

Para justificar el cambio en el mundo que nos rodea, Demócrito propuso la existencia de los átomos, a los cuales les adjudicó un estado de violenta agitación en el vacío y la posibilidad de comunicarse su movimiento a través de choques entre sí.

Con lo anterior, Demócrito pudo explicar la existencia de los "cuatro elementos" de Empédocles, al suponer que la tierra estaba formada por los átomos más pesados, los cuales se encuentran unidos pues no es posible desplazarlos muy lejos con choques de átomos pequeños. El agua, el aire y el fuego se encuentran en ese orden en el universo, debido a los pesos relativos de los átomos que los constituyen.

La teoría de Demócrito ha pasado a la historia como uno de los mayores logros del pensamiento filosófico-científico, debido a la similitud que tiene con nuestra actual teoría corpuscular de la materia.

No se debe perder de vista, que la generación de tal teoría atómica fue el resultado de la confluencia de varias doctrinas que trataban de explicar la esencia de los

Determinismo: Doctrina de la certidumbre unívoca de todo acontecer natural (las mismas causas producen los mismos efectos).

Antecedente del modelo cinético molecular de los gases.

fenómenos naturales; el mérito de Demócrito es el haberse situado en su contexto histórico tomando de las diversas corrientes las ideas y postulados necesarios para dar una explicación del mundo, la cual abarcara el mayor número de fenómenos posibles y conciliara el aparente divorcio entre la razón y los sentidos.

1.4 SOCRATES Y PLATON

"Sócrates-dice Cicerón-fue el primero que hizo bajar a la filosofía del cielo, y la hizo residir en las ciudades, y la introdujo hasta en las casas, y la forzó a preguntar por la vida y las costumbres y por las cosas buenas y malas". SOCRATES (nació en 469 A.N.E.) se interesó por un solo problema: el de la educación del hombre, y en forma especial en la educación del ciudadano. Lo importante, diría Sócrates, no es el conocimiento de los principios que rigen el universo, sino saber algo de sí mismo. No era un buen ciudadano el que sabía más de las leyes del universo, sino el que sabía de su propia condición.

Sócrates, en su juventud, estudió a los filósofos jónicos tratando de "saber las causas de todas las cosas", sobre lo cual comenta en Fedón, uno de los diálogos de Platón: "Cofí, pues, estos libros con el mayor interés y empecé su lectura lo más pronto posible para saber cuanto antes lo bueno y lo malo de todas las cosas, porque desde que he adelantado un poco en la lectura vi un hombre que en nada hacía intervenir la inteligencia y que no daba razón alguna del orden de las cosas, y que en cambio sustituía al intelecto por el aire, el éter, el agua, y otras cosas absurdas". "Afirmar esto equivale a decir que todo lo que hago se debe a que tengo huesos y piel, a que tengo nervios que pueden encogerse y alargarse; y que si ahora espero sentado a la muerte es porque - los nervios que hacen que pueda doblar las piernas me tienen en esta postura".

SOCRATES
↓
PLATON
↓
ARISTOTELES

Es evidente la posición antimaterialista de Sócrates; la explicación que ofrecen los filósofos presocráticos no era suficiente para fundamentar la actividad de los hombres, sobre todo de los hombres como ciudadanos.

El método empleado por Sócrates para llegar a la verdad fue el diálogo o la dialéctica. En la República, Platón distingue claramente entre el método socrático y el método sofístico. Dice Sócrates que los hombres "sin quererlo caen en la disputa; creyendo discutir no hacen sino disputar". "Por un lado están los que emplean la erística, o el arte de discutir con el solo y único fin de discutir; por el otro los que emplean el diálogo teniendo siempre a la vista un mismo fin: el descubrimiento de la verdad" (18).

El método de Sócrates hace uso de la duda como punto de partida; posteriormente por medio de preguntas dirigidas a sus interlocutores hace ver a estos sus errores. Si Sócrates duda, duda para finalmente no dudar. Sólo cuando sus interlocutores han visto las contradicciones de su propio razonamiento, se permite Sócrates empezar sus propios razonamientos para llegar a la verdad, siempre a través de preguntas dirigidas a sus discípulos o adversarios. Con tal método, Sócrates logra que un esclavo ignoren, de toda ciencia resuelva un problema de matemáticas. La enseñanza de Sócrates es clara; el esclavo, como todos los hombres, tiene ideas, y las ha tenido siempre, que nunca ha acabado de aclarar. El método socrático nos lleva a una teoría de Conocimiento según la cual cuanto conocemos proviene de la iluminación de nociones que teníamos en el espíritu, oscuras y confusas. Para Sócrates, el razonamiento es cosa del espíritu y no algo que aprendemos de la experiencia.

A pesar de su contribución crítica contra la pretensión de la ciencia física de su tiempo que trataba de explicar completamente la realidad, y de su rechazo a la actividad como una simple interacción de partículas materiales, Farrington opina

Esta afirmación da inicio al Idealismo, el cual atribuye a la experiencia un papel secundario en la generación del conocimiento.

que "su rebelión radical contra la investigación física fue unilateral y reaccionaria y tuvo resultados contra productores" (19). Como resultado de su posición, la matemática estuvo unida a la ética y a la teología debido a su categoría de ciencias a priori, mientras que la física fue condenada como materialista y atea; y, como veremos más adelante, las ideas de Platón, su discípulo, sirvieron como freno al desarrollo de la ciencia que se había iniciado brillantemente con los atomistas.

PLATÓN (n. 427 A.N.E.), el más fiel continuador de la filosofía socrática, fue testigo de la muerte de su maestro a manos de la democracia ateniense; a raíz de esto, viajó continuamente durante diez años, asimilando los conocimientos filosóficos y mitológicos de los lugares que visitó. Esos conocimientos aunados a su formación socrática darían como resultado una filosofía que no es más que la culminación de los esfuerzos de los pensadores que lo precedieron.

La filosofía de Platón es de tal importancia que A.F. Whitehead se atrevió a escribir que la historia de la filosofía occidental podía reducirse a una serie de notas al pie de la obra de Platón (20).

Al regreso de su largo viaje, Platón fundó la Academia en Atenas, considerada como la primera universidad del mundo y cuya finalidad era promover la ciencia verdadera y educar a una generación de hombres instruidos y preocupados por salvar a la sociedad griega del caos político en que se encontraba.

La obra de Platón se conserva en sus famosos veintisiete Diálogos y sus trece Cartas, que parecen ser la totalidad de su obra escrita: en estos trabajos se puede observar que la filosofía de Platón no era un sistema estático sino, por el contrario, que su pensamiento fue madurando a medida que maduraba el filósofo.

Al igual que Sócrates, Platón hace uso de la dialéctica (el diálogo) como el

"NADIE INGRESE AQUI SI
IGNORA LA GEOMETRIA"
(Cartel fijado a la entrada de la Academia de Platón).

Un excelente estudio - preliminar sobre los Diálogos está incluido en: Diálogos, Platón. Col. "Sepan Cuántos..." No. 13. Porrúa, México.

método para llegar a la verdad, sin embargo, Platón lo desarrolla de tal manera que, para él, la dialéctica llega a ser todo género de método que conduzca al conocimiento de la verdad y el ser.

Platón toma su propio camino al abandonar el consejo socrático de despreciar el cuerpo y confiar sólo en los ojos del alma. Es al escribir el diálogo titulado Teeteto cuando plantea la antigua disputa entre la razón y los sentidos, disputa que es fundamental resolver para establecer cualquier Teoría del Conocimiento.

Platón, en el Teeteto, se declara en contra del sofisma de Protágoras, quien afirma que todo el conocimiento es relativo, que éste depende de la perspectiva del mundo que adquiere el sujeto según se lo comunican sus sentidos, los cuales además producen sensaciones variables. Ante éstos, Platón observa que si la afirmación de Protágoras es cierta, entonces no hay verdad posible que comunicar y por lo tanto Protágoras se podía ahorrar sus palabras. En cuanto a la idea sofista sobre las sensaciones como fuente única del conocimiento, Platón afirma que, aunque los órganos sensoriales son el instrumento del conocimiento, la sensación misma no es el conocimiento: "La ciencia no reside en las sensaciones sino en el razonamiento se pueden descubrir la ciencia y la verdad, y es imposible conseguirlo por otro rumbo" (Teeteto). En el párrafo anterior Platón no sólo se muestra contrario a las ideas de los sofistas, sino que plantea la importancia y supremacía del razonamiento sobre los sentidos; -- planteamiento que le dará base para desarrollar su Teoría de las ideas.

Platón, siendo fiel a Sócrates, asegura que el conocimiento no procede de la existencia sensible. Para ambos el conocimiento es innato: conocer no es más que recorrer el velo del olvido; nunca aprendemos algo, solamente "recordamos" algo que tenía ya en el espíritu.

En el diálogo La República, Platón presenta una alegoría que pretende descri

bir su Teoría del Conocimiento a través de un mito: Platón habla de unos hombres encadenados dentro de una caverna en la cual sólo pueden ver las sombras de ciertos objetos proyectados por un fuego situado en el fondo de la caverna. Estos hombres "tendrán por realidad las sombras de los objetos" cuyas proyecciones perciben. Tal es el mundo de las sensaciones: acostumbrados como estamos a vivir entre sombras, tomamos a las sombras como la realidad. Acostumbrados a vivir en un mundo de sensaciones, tomamos a las sensaciones como la realidad.

Pero surge la pregunta: ¿Cómo conocer entonces la realidad? Platón contesta: recordando la edad mítica en que el hombre vivió fuera de la caverna; corriendo el velo del olvido tras el cual veremos claramente el mundo de las ideas, un mundo del cual éste no es más que una proyección. Platón creía que las ideas tenían una existencia propia, independiente de nuestro mundo, que a veces imagina en una especie de cielo que llama Topos Uranos.

Con la proposición de este mundo de las ideas, Platón trata de llegar al conocimiento superando los escollos que encuentra a su paso; él busca la razón más allá de las "sombras" de lo sensible, busca la unidad más allá de la pluralidad del medible que nos rodea; busca el ser más allá de los engaños del cambio (21).

El sistema filosófico de Platón habría de dominar el pensamiento occidental durante varios siglos, en detrimento de las corrientes materialistas.

¿Tendría sentido el trabajo experimental bajo la perspectiva de Platón? (*).

No hay en la naturaleza un círculo perfecto. Sin embargo, diría Platón, - en el mundo de las ideas sí existe tal círculo ideal, del cual los demás son sólo un reflejo.

1.5 ARISTOTELES

Uno de los más renombrados discípulos de la Academia de Platón fue ARISTOTELES DE ESTAGIRA (n. 384 A.N.E.), quien ingresó a ella en el año 368, a los diecisiete años de edad, después de haber intentado ser médico.

Aristóteles estuvo en la Académica hasta la muerte de Platón en el año 348. - Posteriormente fundó el liceo en Atenas.

Aristóteles fue un escritor más fecundo que Platón, produjo obras sobre física, lógica, metafísica, psicología y biología. El fue el fundador de la lógica aunque algunos elementos de ella fueron usados por Platón en El Sofista.

La obra de Aristóteles es una crítica a la de Platón. El estagirita fue un estudioso de los fenómenos naturales, y enfocó su pensamiento en una dirección más realista que la de su maestro. Sin embargo, algunos de sus trabajos no son más que continuación de planteamientos formulados por Platón.

Su principal crítica a la filosofía platónica fue dirigida hacia el mundo de las ideas; gran parte de su vida la ocupó en aclarar qué eran éstas.

La lógica fue usada por el estagirita como sustento de sus especulaciones. Para Aristóteles "todos los hombres tienden por naturaleza al conocimiento", para lo cual se deben tener ideas claras y definidas.

Una de las aportaciones más importantes de su filosofía fue la Teoría de la Clasificación y la Definición, en la cual se denomina género al término que posee mayor extensión, y especie al término que tiene menor extensión. Con lo anterior, "ser vivo" es el género para la especie "hombre", y "hombre" es género para la especie "Sócrates". Con esta simple gradación de género y especie se puede lograr la clasificación de términos y conceptos según la extensión relativa a la que se hace mención.

El sistema de clasificación de Aristóteles se usa, casi sin cambios, en la Biología contemporánea.

En uno de los extremos de nuestra clasificación se encontrará el concepto de "ser" siempre el más general de todos. En el otro extremo tendremos a los individuos - cuya extensión es la unidad.: "Platón", "este triángulo", "esta idea".

La Teoría de la Definición surge casi naturalmente de la Teoría de la Clasificación. Para definir un término o concepto no tenemos más que nombrar su género más próximo y precisar su diferencia específica: si queremos definir el concepto "hombre" debemos anotar su género más próximo (animal) y la diferencia que tiene con los demás animales (ser racional); así, el "hombre" puede ser definido como un "animal racional".

Gracias a su método para clasificar y definir, Aristóteles puede precisar, - mucho más que Platón, una Teoría del Conocimiento.

Son varias las objeciones que plantea Aristóteles a la Teoría de las ideas - de Platón. Una de ellas es la imposibilidad de que las ideas expliquen el devenir, el cambio en este mundo. Las ideas, dice Aristóteles, no son causa de ningún movimiento - ni de ningún cambio.

Por otro lado, la teoría de Platón necesitaría un número infinito de ideas - para explicar la semejanza de dos cosas. La semejanza de dos hombres se da cuando participan de la misma idea de hombre; pero para advertir la semejanza de un hombre con - la idea de Hombre se necesitaría de una tercera idea, y así hasta el infinito.

Otro de los defectos que encontró Aristóteles en el supuesto mundo de las - ideas se refiere al hecho de que si nuestro mundo es un reflejo o proyección de aquél, entonces el primero debería incluir la existencia de cosas negativas como lo feo, lo - injusto, lo malo, lo cual va contra la perfección misma que Platón postulara.

Para el estagirita las ideas no pueden tener existencia: no existe el "hom - bre", existen "Sócrates", "Galias", "Nicomaco", que son cosas reales. Cada cosa es un-

individuo real que lleva su idea. De esta manera une Aristóteles el mundo real con el mundo de las ideas sin ser ninguno de ellos independiente del otro.

Es así como Aristóteles anula el mundo de las esencias perfectas y se enfrenta con la realidad inmediata e individual de los seres que nos rodean.

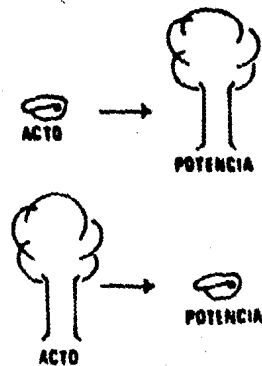
El cambio en la naturaleza lo explicó a través de los conceptos de potencia y acto. La potencia es, en términos generales, la capacidad de una cosa para modificarse; el acto es la realización de esa posibilidad. Así, la semilla cambia y pasa a ser un árbol porque contiene el árbol en potencia. El árbol, como tal, será el acto de esa potencia.

Aristóteles encontró que los seres son, al mismo tiempo, potencia y acto: la semilla es el árbol en potencia, pero es acto en cuanto semilla.

A pesar de su avance en la explicación del cambio con sus conceptos de acto y potencia, Aristóteles no se conformó y fue más allá. Al profundizar sobre el porqué del cambio, formuló una concepción de la causalidad. La existencia del cambio "depende", según él, "de cuatro causas: la causa material, la causa formal, la causa eficiente y la causa final; es decir, la materia prima con la que una cosa se hace; el modelo según el cual se hace; la cosa que lo hace y el fin o propósito para el que se hace" - (22).

Al analizar las cuatro causas requeridas por Aristóteles, se observa que pueden ser reducidas a dos: la forma y la materia. La materia constituye la posibilidad de ser; la forma la realización plena del acto de ser. La materia en sí misma es nada: la esencia del ser será la forma.

Para el estagirita había un sólo tipo de materia y ésta podía tomar un número



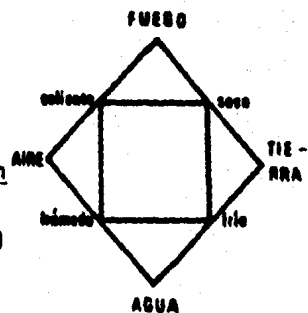
ro infinito de formas.

A partir de la observación sobre la imposibilidad de que se lleve a cabo un cambio inmediato y complejo, por ejemplo que un caballo se transforme en una flor, a menos que se lleve a cabo la putrefacción del primero, Aristóteles supuso que si se llegaba a un tipo de materia lo suficientemente simple, entonces cualquier cambio sería posible.

Otra de las aportaciones de Aristóteles fue la doctrina de las cuatro cualidades o propiedades elementales, las cuales originaban los cuatro elementos. Las cuatro cualidades constituían los pares de opuestos: frío y caliente, húmedo y seco. Cuando estas cualidades se unían dos a dos se originaban los cuatro elementos o cuerpos simples: tierra, aire, fuego y agua, los cuales daban existencia a todas las cosas del universo. A estos cuatro elementos Aristóteles añadía una materia prima carente de existencia material, la cual adquiría solamente cuando se aliaba a la forma (23).

Aristóteles, en un famoso pasaje que seguramente es una de las fuentes de la alquimia, supone que todos los metales están hechos de dos "exhalaciones", dos vapores, el uno húmedo y el otro seco o fuliginoso, que exhalan a través de la tierra. "Hemos dado alguna información--dice Aristóteles--sobre los efectos de la secreción sobre la superficie de la tierra y, estando ya terminada en las partes de la tierra, debemos proponernos describir su acción bajo dicha superficie. Así como su doble naturaleza da lugar a efectos varios en la región superior, aquí es causa de dos variedades de cuerpos, puesto que hay dos exhalaciones, una vaporosa, la otra fuliginosa: y que a ellas corresponden dos clases de cuerpos que se originan en la tierra, el fósil y los metales" (24).

Después de dos siglos y medio de intentos parciales, Platón y Aristóteles -



Las cuatro cualidades y los cuatro elementos.

realizan la suma verdadera, la síntesis última del pensamiento de la antigua Grecia, -
el cual influiría decididamente en el desarrollo de la química en épocas posteriores.

CONCLUSIONES CAPITULO I

La historia de la química, considerando a ésta como una ciencia-especulativa, da comienzo en el seno de la cultura griega. Las culturas mesopotámica y egipcia no alcanzaron el grado de abstracción necesario en el estudio de la naturaleza como para considerar que la ciencia química se originó en ellas. Las aportaciones técnicas de estas culturas fueron, indudablemente, el antecedente necesario para el advenimiento de la filosofía; pero existe una diferencia sustancial entre el hecho de fabricar una vasija de cerámica y afirmar que todo en el universo, incluida la vasija, está formado por agua, como aseguraba Tales.

La diferencia entre el pensamiento de las culturas de Mesopotamia y Egipto y el pensamiento de la antigua Grecia radica en la forma en que tratan de explicar el mundo. Los primeros intentan dar cuenta de la naturaleza variada y cambiante que los rodea atribuyendo a seres omnipotentes la facultad de influir en los fenómenos observados, y ante los cuales la actividad que el hombre pueda desarrollar para transformar a la naturaleza pasa a segundo término.

El obstáculo que representaba la religión para un pleno conocimiento del universo fue superado por los filósofos griegos al otorgar al pensamiento humano la posibilidad de conocer a la naturaleza sin incluir a los dioses como premisa de sus inferencias.

La superación de este obstáculo epistemológico fue el resultado de que los filósofos griegos admitieran que el mundo sería susceptible de ser comprendido y que, pese a la infinita variedad en que aquel se presentaba, existía mucho de común en la composición del universo.

Pero la afirmación de que el mundo es susceptible de ser entendido conlleva -

dos aspectos importantes. El primero de ellos es la idea de que el universo se comporta con regularidad en el espacio y en el tiempo, es decir, los fenómenos y procesos - que lo conforman se gobiernan por leyes. El segundo aspecto sobresaliente es el referente a la capacidad de el hombre para conocer su entorno a través de la actividad mental. Así, los griegos se percataron que el conocimiento se logra a través de un esfuerzo intelectual, en el cual se trata de descubrir la esencia del objeto de conocimiento. Para conocer fue necesario no detenerse en el nivel fenoménico: la actividad mental - debe revelar los principios y las leyes que rigen al universo.

En el desarrollo del pensamiento en la antigua Grecia, cada una de las corrientes filosóficas proponía una estructura y una composición diferente para el universo, - es decir, cada una de ellas atribuía una esencia diferente para el mismo objeto de conocimiento.

Es posible clasificar a las diferentes escuelas filosóficas en dos corrientes muy diferenciadas: las que consideraban que el universo tiene una esencia unitaria, y las que le adjudicaban una esencia múltiple. Para las primeras de ellas (Tales, Parménides) no había más que un principio del cual estaban hechas todas las cosas; para Tales de Mileto el agua era el constituyente único del universo y la diversidad con que se presenta el mundo no era más que el resultado de las diferentes formas que toma el agua. El monismo parmenideano fue más allá, y negó la posibilidad de cambio arguyendo que lo que nos muestran nuestros sentidos es falso, puesto que el ser, que es único, - no puede cambiar.

Las escuelas que adjudicaban una esencia múltiple al universo aceptaban la - idea del cambio, puesto que este es el resultado de las interacciones entre los diferentes principios que dan forma al universo, y resaltan, en mayor o menor grado, la importancia de nuestros sentidos como medio para conocer.

La contienda entre las escuelas que proponían la existencia de un mundo cambiante y las que postulaban un universo estático, tiene una relación muy estrecha con la disputa entre los defensores de la supremacía de los sentidos sobre la razón y sus antagonistas. Para dilucidar el problema del cambio es necesario, en primer lugar, resolver la cuestión sobre la objetividad de las observaciones realizadas en la interacción sujeto-objeto. Sin embargo, la valoración de la objetividad depende de la visión del mundo (aspectos ontogenético y filogenético) con que el filósofo (investigador, sujeto) aborda el problema; de tal manera que las dos posiciones radicales entre la razón y los sentidos lleva a conclusiones opuestas: Aunque el mundo fenoménico era el mismo para Heráclito y para Parménides, cada uno de ellos postulaba una esencia distinta para la materia cambiante. El primero proclamaba que el cambio es consustancial a la naturaleza, mientras que el segundo negaba el cambio tras asegurar que la información que nos brindan nuestros sentidos es falsa (no objetiva).

El mérito de la filosofía aristotélica radica en la hábil manera en que intenta resolver el problema de la constitución de la materia y de los cambios que ésta sufre. Aristóteles otorga a la forma la esencia de las cosas, y de esta manera fusiona los conceptos de fenómeno y esencia: la esencia de la materia es el conjunto de cualidades que reúne; la materia no es más que el continente de la forma.

Así, el concepto de elementos en la teoría aristotélica se opone al concepto de átomo democritiano: mientras que para el estagirita las cualidades son propias de cada cosa, para Demócrito no son más que el resultado de las diferentes maneras en que se estructuran los átomos. Para Aristóteles el cambio no es más que una variación de las cualidades de la materia. Para Demócrito la materia en sí, los átomos, no tienen cualidades, estas son el resultado de la manera en que se agrupan los átomos.

Las tentativas posteriores que se realizaron para definir más claramente los-

conceptos de elemento y átomo, además de los diferentes ensayos para aplicarlos en la transformación de la naturaleza fueron el motor que mantuvo a la química en permanente evolución.

2. LA ALQUIMIA

En su más amplia acepción, la alquimia fue un grandioso sistema filosófico que intentó penetrar y armonizar los misterios de la creación y de la vida y que se esforzó por relacionar el microcosmos humano con el macrocosmos universal. La obtención de oro a partir de metales comunes era solamente uno de sus fines. La alquimia fue algo más - que una forma rudimentaria de ciencia experimental, constituía una vasta red cuyas hebras procedían de distintas disciplinas; religión, folclore, mitología, misticismo, filosofía y otros extensos dominios de la imaginación y la experiencia humanas.

2.1 LOS ORIGENES DE LA ALQUIMIA

Es imposible establecer un lugar y una fecha para fijar el nacimiento de la alquimia. El tipo de lenguaje usado por los alquimistas, el hermetismo de sus sectas y grupos y la multiplicidad de factores que le dieron origen nos impiden precisar tales datos.

A pesar de lo anterior, se ha supuesto que la alquimia surgió en Caldea o tal vez en China. Según algunos de los datos más dignos de crédito, este arte debe haberse iniciado al mezclarse las ideas de los filósofos griegos con las técnicas metalúrgicas y el pensamiento religioso de los egipcios y babilonios alrededor de los siglos II y I - A.N.E.

Posteriormente se difundió por todo el mundo de habla griega: alrededor del siglo VII D.N.E. el creciente cuerpo de conocimientos alquímicos paso al Islam a través de Siria y Persia.

Los árabes fueron los introductores de la alquimia en toda Europa, pues a -- ellos se debe la traducción de los textos tradicionales alquímicos al latín. El auge de

La alquimia en Europa se dio en los siglos XIII y XIV y decayó considerablemente en el siglo XVII debido a la aparición de los modernos métodos científicos. Sin embargo, si querían apareciendo textos alquimistas en el siglo XVIII y la tradición no quedó destruída sino hasta los albores del siglo XIX.

Los antecedentes de la práctica alquímica los podemos encontrar en las técnicas egipcias para "aumentar" el peso del oro. En el antiguo Egipto se tenían conocimientos sobre la obtención y el tratamiento posterior del oro; incluso hay indicios de la manufactura de sustitutos del oro, mediante el dorado de metales comunes y la aplicación superficial de barnices a los mismos.

También existen pruebas de que los egipcios "aumentaban" el peso del oro rebajándolo con otros metales; esta manufactura de aleaciones no se consideraba como una simple mezcla, sino como el aumento de la cantidad de oro a expensas de su calidad. No debe olvidarse que su idea sobre el "oro" era diferente a la que tenemos ahora, o sea la existencia de un metal formado por átomos del mismo elemento.

Aunque los griegos clásicos ya tenían ideas teóricas sobre el origen y el cambio de los metales, es seguro que no practicaban la alquimia. Es probable que el estímulo del éxito parcial en la obtención de oro fuera suficiente para iniciar la mezcla de las antiguas técnicas egipcias y la filosofía griega que daría origen a la alquimia.

2.2 EL PENSAMIENTO ALQUIMISTA

Para A.C. Crombie, la alquimia nació como la unión de la "práctica de los trabajadores egipcios del metal con las teorías de la materia de los gnósticos y de los neoplatónicos alejandrinos, que eran fundamentalmente aristotélicos" (1).

Fusión del oro en Egipto (2500 A.N.E.)



ORO

+

PLOMO



ORO

Al revisar la filosofía griega mencionamos, en el capítulo anterior, los aportes de Aristóteles sobre la materia y la forma, los cuatro principios y el origen de los metales y de los minerales. Estas ideas sobre la naturaleza fueron tomadas por los alquimistas como base filosófica de sus trabajos.

La teoría aristotélica sobre la materia y la forma hizo pensar a los alquimistas que si a un metal común se le extraía la forma que lo caracterizaba, a la materia remanente se le podría introducir la forma del oro, produciendo así el preciado metal.

Así, para transformar el cobre en oro primero habría que quitar al cobre su forma metálica, o dicho en otro lenguaje alquimista: llevar a cabo la muerte del cobre, su corrupción, la cual sería seguida de la introducción de la nueva forma, la del oro, lo cual era llamado por los alquimistas "la resurrección".

La corrupción del cobre se podía efectuar simplemente calentándolo con azufre, para formar el sulfuro de cobre negro. Pero ¿Cómo introducir a esa materia la forma del oro? La teoría alquimista respondería que con el auxilio de la piedra filosofal. La piedra filosofal era una "materia pura que, descubierta y llevada por el arte a la perfección, convierte a su propio ser en una cantidad proporcional, todos los cuerpos impuros que toca" (2).

La teoría de Aristóteles también fue tomada por los alquimistas, quienes la modificaron en determinadas direcciones: el Fuego (formado por la unión de lo caliente y lo seco) se le identificó con el azufre; el agua (unión de lo húmedo y lo frío) se le identificó con el mercurio; el agua (unión de lo húmedo y lo frío) se le identificó con el mercurio. Estos nombres, azufre y mercurio, no denotaban necesariamente las sustancias químicas que hoy conocemos, sino más bien la naturaleza de los compuestos.

La propiedad fundamental del azufre era la combustibilidad o el espíritu del-

Aristóteles asignaba una existencia independiente a la forma y a la materia.

fuego, mientras que la del mercurio era la fusibilidad o el espíritu mineral de los metales.

Hermes Trimegistos

En el lenguaje críptico y simbólico de los alquimistas, el azufre y el mercurio tomaron una maravillosa diversidad de formas, fueron conocidos, por ejemplo, como Osiris e Isis, Sol y Luna, hermano y hermana, masculino y femenino, activo y pasivo, fijo y volátil y muchas otras parejas más. Consecuencia de la doctrina azufre mercurio fue que los alquimistas intentaran extraer las "formas" del oro y la plata a partir de estos metales. Una vez que hubieran sido extraídas las formas del oro y la plata, éstas podrían asumir la forma del azufre y del mercurio, a partir de las cuales, y generalmente con la intervención de un menstruo o disolvente líquido, se produciría la piedra filosofal.

Por otro lado, los adeptos a la alquimia basaban toda su práctica en una serie de trece preceptos, que se dice fueron grabados en la Tabla Esmeralda (Tabula Smaragdina) que, según una de las versiones, fue extraída de la tumba de Hermes por Alejandro Magno. Es por esto que los alquimistas reverenciaron a Hermes Trimegistos, o Hermes el Tres Veces Grande, imagen griega del dios egipcio Thoth.

Los preceptos de la Tabla Esmeralda, que se cree fue escrita originalmente en lengua siria, son los siguientes:

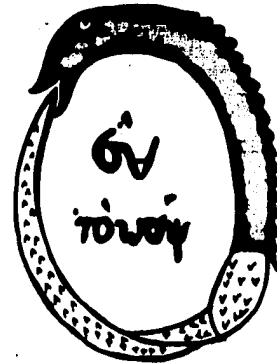
- 1.- Yo no hablo de cosas ficticias, sino de aquello que es cierto y verdadero.
- 2.- Lo que esta debajo es semejante a lo que esta encima, y lo que esta encima es semejante a lo que esta debajo, a fin de que se cumplan los milagros de una cosa.
- 3.- Y todas las cosas fueron creadas por una palabra de un Ser: así, todas las cosas se originaron por adaptación de esta cosa única.
- 4.- Su padre es el Sol, su madre es la Luna; el viento lo lleva en sus entrañas; su nodriza es la Tierra.



- 5.- Es el padre de la perfección en todo el mundo.
- 6.- El poder es vigoroso cuando se cambia en tierra.
- 7.- ¡Separa la tierra del fuego, lo sutil de lo tosco, actúa con prudencia y discernimiento!
- 8.- ¡Asciende con la máxima sagacidad de la tierra al cielo, y luego, otra vez, desciende a la tierra y une en un conjunto los poderes de la cosa superior e inferior! Así obtendrás la gloria de todo el mundo, y la oscuridad volará lejos de ti.
- 9.- Tiene más fortaleza que la propia fuerza, pues conquista todas las cosas sutiles y puede penetrar en cuanto es sólido.
- 10.- Así se creó el mundo.
- 11.- De aquí surgieron las maravillas que hoy se hallan establecidas.
- 12.- Yo soy pues, el llamado Hermes Trimegistos, porque poseo las tres partes de la filosofía del universo.
- 13.- Lo que yo tenía que decir concerniente a la operación del sol está ya dicho (3).

La Tabla Esmeralda resume, en forma velada, los rasgos principales de la doctrina alquimista. Los preceptos segundo y tercero se refieren a la doctrina que sostiene la unidad de todas las cosas. El cuarto precepto engloba las ideas de los principios masculino y femenino de la teoría azufre-mercurio; así como los cuatro elementos aristotélicos. El quinto contiene la tesis griega de la perfección del universo. El séptimo sugiere la idea de la separación de las sustancias. El octavo, finalmente, hace alusión a las técnicas de evaporación y condensación tan usadas en los intentos de obtener la piedra filosofal.

La religión, por su parte, también participó en el complicado sistema alquim-



La uróbora, símbolo de la unidad esencial de todas las cosas.

mico. Las contribuciones principales fueron efectuadas en los primeros tiempos del - cristianismo.

En las figuras de Abraham, debidas a Flame!, escribano parisiense que vivió - en el siglo XIV N.E., es notable el simbolismo relacionado con la cristiandad: además de la repetición de una serpiente en todos los dibujos, la descripción que hace Fla - mel de las figuras incluye referencias a "una Virgen y a la serpiente que la devora... a la cruz donde se crucificó una serpiente... y a muchas fuentes hermosas de las que surgía cierto número de serpientes que corrían hacia arriba y hacia abajo y de aquí - para allá" (4).

Hubo una estrecha relación entre las creencias alquímicas y ciertas doctrinas religiosas, entre las que se incluían la redención y la resurrección, George Ripley, - canónigo de Bridlington, escribió como prefacio a su Compound al Chymie la oración: ¡Oh Unidad en la sustancia y Trinidad en la Divinidad... igual que Tú creaste todas - las cosas de un caos, concédeme la habilidad de extraer nuestro microcosmos de una - sustancia en sus tres aspectos de magnesia, azufre y mercurio!".

En los versos recopilados por E. Ashmole y publicados en 1632, aparece uno de ellos que hace alusión a los Reyes Magos como portadores del secreto de la piedra fi losofal:

Aurum (el oro), nuncio entonces de nuestro cuerpo.
fue traído al Dios y al Hombre
y también Tus(incienso), nuestra alma vital.
con Myrham (mirra), nuestro mercurio, que es su esposa.

He aquí los tres nombres hermosos y buenos
y todos los tres no son más que uno en realidad.

Al igual que la Trinidad no es sino uno,
Así concluye, en verdad, la piedra de los filósofos (5).

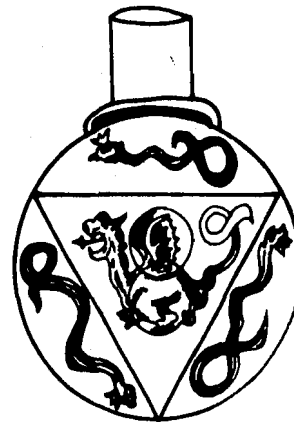
Una relación más estrecha entre los alquimistas y la religión se puede encontrar en varios de los templos cristianos construidos en la Edad Media. Las figuras mencionadas - anteriormente, se encontraban en el atrio de la iglesia de los Ingentes, en París. - En la abadía de Westminster existía, en 1652, una ventana en colores, que simbolizaba la preparación de la piedra filosofal. De la misma manera, en Notre Dame de París se encuentran varios ornamentos de clara significación alquímica.

Por lo que respecta a la alquimia en relación la mitología, es notable la cantidad de menciones que se hacen en casi todos los trabajos alquimistas sobre dioses y seres sobrenaturales provenientes de las antiguas leyendas de Egipto, Grecia y Roma.

Hermes Trimegisto, el patrono de los alquimistas, proviene de la mitología griega, y es el equivalente del dios egipcio Thoth, personificación de la sabiduría. - La triada egipcia, Osiris, Isis y Horus, poseía todos los atributos alquímicos, Osiris, el dios del Sol, era símbolo del principio activo o masculino; Isis, la diosa Luna, - pasiva y fértil, tenía un significado terrenal; Horus era una imagen del año naciente y de los procesos del crecimiento y de la multiplicación. Los nombres de los metales - conocidos en la época de la alquimia no son más que el reflejo del panteón de los -- griegos y romanos, relacionados, por otra parte, con la denominación de los planetas.

El uso de la mitología en los escritos alquimistas tuvo, además, otra razón de ser: la posibilidad de ocultar a los profanos todo el pensamiento alquimista tras una serie de alegorías referidos a mitos y leyendas clásicas. Las operaciones de la gran obra se comparaban, con frecuencia, con los trabajos de Hércules, Ulises, el gran errabundo, significaba el adepto que "yerra distintos caminos hasta alcanzar, por fin, la deseada meta". Algunos alquimistas supusieron que el vellocino de oro de los Argonautas era un papiro en el que estaba escrito el secreto de la transmutación.

El triángulo alquímista



2.3 LAS TECNICAS ALQUIMISTAS

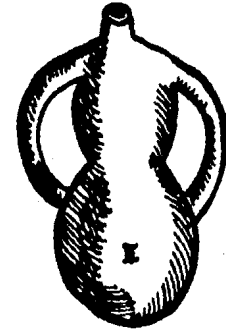
Las descripciones sobre las operaciones de la gran obra son tan numerosas como difíciles de desenredar y reducir a una forma inteligible para el lenguaje químico actual. La confusión se hace más enmarañada debido a la oculta o simbólica representación de las instrucciones. El alquimista, antes de iniciar las actividades de la "Gran Obra", debía de purificar sus materiales, generalmente el oro y la plata, aunque también se hacían intervenir muchas sustancias. Los materiales necesarios se ponían juntos en el "vaso hermético" o "huevo del filósofo". Este recipiente de vidrio se colocaba al fuego y se sometía a los procesos e influencias de la Gran Obra propiamente dicha.

Las operaciones estaban sujetas a grandes variaciones, pero la característica central y crucial consistía en un recalentamiento prolongado y controlado de los materiales en el vaso cerrado y en condiciones apropiadas. Los procesos efectuados para la consecución de la piedra filosofal son, en general, los siguientes: calcinación, fijación, solución, digestión, destilación, sublimación, separación, ceración, fermentación, multiplicación y proyección o impulsión.

Algunos de los nombres de estos y otros procesos se siguen usando en la química moderna, aunque con una ligera diferencia en cuanto a lo que designan:

La calcinación o calentamiento en el aire conducía a la fijación de los metales fusibles, mediante la cual asumían forma sólida o cal, resistente a todo cambio ulterior. La destilación se consideraba a menudo como un doble proceso, ascenso y descenso, y se simbolizaba por aves volando hacia arriba o hacia abajo. Análogamente la sublimación se representaba por cisnes, palomas y otras aves en vuelo ascendente.

Putrefacción o mortificación eran términos que se aplicaban a la muerte de los metales, corrientemente por aleación del calor (oxidación); el proceso inverso era considerado como la restauración (reducción).



Vasija para destilación
y su representación

Dos de los procesos tienen una peculiar importancia, pues con ellos culmina la transmutación: multiplicación y proyección. La multiplicación implicaba el aumento de la potencia de la piedra filosofal, mientras que la proyección denotaba la operación final, en la cual una pequeña cantidad de la piedra se arrojaba en medio de un crisol calentado que contenía mercurio, plomo fundido o el material que se deseaba transmutar.

A diferencia de los actuales manuales de química experimental, los textos alquimistas no contienen instrucciones experimentales claras. Un ejemplo de la manera de informar a los iniciados en la Gran Obra es una ilustración, acompañada del esclarecedor consejo de apuntar "cuidadosamente (al huevo) con la ardiente espada, cual de costumbre: /deja que Marte preste ayuda a Vulcano, y así el polluelo que de allí salga - será el conquistador del hierro y del fuego/". Para el adepto, la indicación era suficiente, ya que en el lenguaje alquímico la espada y otros instrumentos afilados e hirientes denotaban fuego: así, Marte y Vulcano eran el hierro y el fuego respectivamente, y el polluelo era la piedra filosofal. (6).



2.4 LA ALQUIMIA Y LA QUIMICA

Al analizar la manera en que se desarrolló la alquimia y sus fundamentos empíricos y filosóficos, se hace evidente que la química, ciencia natural con una estructura y un método, le debe relativamente poco.

La palabra tradición está bien aplicada a la alquimia, porque era una disciplina que miraba más bien hacia atrás, mientras que la ciencia moderna mira siempre hacia adelante. El alquimista ponía todo su empeño en tratar de comprender los libros de los "antiguos", pues creía que ellos habían conocido el secreto de la transmutación, y que mediante su estudio podría efectuarla.

El alquimista no tenía un método propiamente dicho, pero puede afirmarse que su razonamiento fue esencialmente deductivo y que estaba basado en dos conceptos a priori: la unidad de la materia según la postulaba la filosofía aristotélica, y la existencia de un agente poderoso de transmutación: la piedra filosofal.

¿En qué consiste el razonamiento deductivo? (*).

La alquimia, a diferencia de la química moderna, no buscaba las leyes generales según las cuales se llevan a cabo las transformaciones de la materia, sino que daba - por hecho que las teorías aristotélicas sobre el cambio eran ciertas e irrefutables. - Los intentos fallidos por lograr la transmutación seguramente eran atribuidos a una mala interpretación de los textos o a la falta de condiciones para alcanzar la meta -- deseada; los principios aristotélicos nunca fueron puestos en duda.

Sin embargo, la alquimia legó a la química muchas de las actuales técnicas de laboratorio. Los alquimistas fueron los primeros, antes de la última parte del siglo - XVI, y se puede decir que casi los únicos trabajadores de laboratorio. Habían desarrollado una técnica en pequeña escala para combinar y separar los componentes de los -- cuerpos. A ellos se deben las técnicas de filtración, destilación, sublimación, cris-

talización y el descubrimiento y la síntesis de compuestos como los ácidos, inorgánicos, el alcohol, el nitrato de plata, el bórax y muchos otros.

CONCLUSIONES CAPITULO II

La época alquimista puede caracterizarse como el intento, prolongado y oscuro, de aplicar la filosofía aristotélica, mezclada con la religión y la magia, a la transformación de una parte de la naturaleza.

El alquimista se enfrenta de una manera diferente al problema del cambio; ya no quiere reflexionar sobre él, sino llevarlo a cabo. Confía en la veracidad de los textos antiguos y se lanza a la aventura de interpretar y realizar las técnicas que supone le darán la posibilidad de obtener oro. De esta manera, la naturaleza es transportada al laboratorio y se inicia una forma diferente de interacción sujeto-objeto: el trabajo experimental.

Con esta nueva forma de encarar a la naturaleza el alquimista logra un contacto más grande con los fenómenos químicos; utiliza el fuego, manipula sustancias, inventa aparatos y técnicas.

Sin embargo, surgen algunas interrogantes. Si tuvieron una familiaridad tal con el fuego, ¿por qué lo siguen considerando un elemento?. Si tuvieron frente a sí un sinnúmero de sustancias, ¿por qué no propusieron una estructura para ellas? ¿Por qué, en suma, no superaron a la filosofía griega en sus teorías sobre el cambio químico?

Las razones son varias. El estrecho camino que se impusieron los alquimistas al seguir las viejas recetas sobre la transmutación les impidió mirar más allá de lo que su meta les indicaba. El trabajo experimental efectuado estaba mucho de tener los objetivos de la ciencia moderna, o aún los de la filosofía griega; nunca se pretendió descubrir las leyes que gobiernan los cambios químicos, investigar la estructura de la materia o, al menos, descubrir su composición. Estas eran cuestiones que no interesaban al alquimista, pensaba que ya habían sido resueltas por Aristóteles

y que sólo restaba usarlas para transmutar los metales.

El pensamiento alquimista tenía un componente filogenético, constituido por sus ideas religiosas, místicas y filosóficas, que lo imposibilitaban para generar conocimientos sobre el fenómeno del cambio químico, aunque lo había provocado y observado muchas veces. La manipulación constante de un objeto (cosa, fenómeno, proceso) no es suficiente, aunque si necesario, para lograr un conocimiento sobre él. Para descubrir la esencia de un fenómeno es menester que nuestra interacción con él sea crítica, de tal manera que nuestras observaciones, en el sentido más general del término, nos conduzcan a traspasar el superficial mundo fenoménico y nos lleve a descubrir la estructura de la "cosa"

De cualquier manera, la química moderna está en deuda con la alquimia, los diversos intentos por conseguir la piedra filosofal, aunque no contribuyeron al avance del método científico, si aportaron técnicas y aparatos todavía en uso: filtración, sublimación, destilación, alambiques, retortas, etc. Por otro lado, permitieron distinguir, preparar y purificar diferentes sustancias que, al paso del tiempo, servirían para preparar el advenimiento de la química moderna.

En lo que respecta al desarrollo de los conceptos de átomo y elemento, el primero de ellos no sufrió ninguna modificación e incluso al término cayó en el olvido debido a que no forma parte de el oscuro sistema de pensamiento alquimista. En cambio, el concepto de elemento fue fundamental, pues a partir de él se gestaba la idea del cambio. A las exhalaciones fuliginosa y vaporosa se les atribuyeron las propiedades del fuego y del agua respectivamente; pero como el alquimista necesitaba de algo más que definiciones para trabajar, asignó a los elementos azufre y mercurio las características mencionadas y a partir de ellas intentó obtener la piedra filosofal.

Así, el concepto de elemento se materializó y posibilitó la aplicación de la

idea aristotélica del cambio. Desde este punto de vista, la actividad del alquimista consistiría en eliminar los elementos que hacían que un metal fuera tal y, una vez que la materia careciera de ellos, agregar los necesarios para que tomara los atributos del oro.

La confianza en que el concepto de elemento, entendiendo éste como el único responsable de los atributos de la materia, era absoluto y por lo tanto, incuestionable, provocó que la química moderna, eminentemente atomista, tardara todavía mucho tiempo en nacer.

3. DE LA IATROQUIMICA A LAVOISIER

En las postrimerías del siglo XV empieza a decaer la influencia de las ideas medievales en todos los ámbitos de la investigación científica. La fe ciega en Aristóteles y la Biblia se torna en la convicción de que los argumentos lógicos por sí solos no bastan para la búsqueda de la verdad. La invención de la imprenta en 1440 dio alas al pensamiento generado en esta época de transición.

La astronomía y la mecánica habían sido ya revolucionadas por Copérnico, Galileo y Newton, cuando la química empezaba a alejarse de las penumbras alquímicas y a construir los cimientos que la harían surgir en el siglo XVIII como una verdadera ciencia.

3.1 LA IATROQUIMICA

PHILLIPPUS AUREOLUS THEOPHRASTUS BOMBASTUS VON HOHENHEIM, que debía de inmortalizar su nombre latinizado de PARACELSO (1493-1551), representa una singular mezcla del hermetismo de los alquimistas y el espíritu rebelde e innovador del renacimiento.

Médico, alquimista y naturalista, dictó en alemán cursos de medicina en la Universidad de Basilea, cuando lo tradicional era hacerlo en latín. Al inaugurar sus cursos quemó las obras de Galeno y de Avicena, siguiendo el ejemplo de Lutero.

Iatros significa médico en griego. Los iatroquímicos eran químicos que curaban.

Paracelso introdujo nuevos remedios en la farmacopea de su época: compuestos de mercurio, plomo, cobre, antimonio, y arsénico, algunos de los cuales se utilizan todavía hoy.

Adquirió muchos de sus conocimientos sobre la química a través de cuidadosas

experimentaciones. En su ejercicio de la medicina partió de la idea de que las enfermedades producen perturbaciones en una especie de equilibrio químico que reina en el cuerpo, y que al suprimir ya sea el exceso o la falta del ingrediente que produjo la perturbación, mediante la administración de drogas convenientemente elegidas, se restablece el equilibrio normal y, por lo tanto, la salud.

El fue quien introdujo la palabra "química" en lugar de la denominación de alquimia, hasta entonces acostumbrada.

La significación de Paracelso en la historia de la química reside en cuán vigorosamente insistió sobre su verdadera finalidad: preparar drogas curativas y no fabricar oro. Con esto da nacimiento a la Iatroquímica, o sea la aplicación de la química a la preparación de remedios para la salud, con lo cual proporcionó a la química -- orientación y vida nuevas, aliando la química a la medicina.

Sin desechar totalmente los cuatro elementos aristotélicos, propuso una nueva constitución de la materia a través de sus tres principios o tria prima: azufre, mercurio y sal. Esta teoría, que refleja la tradición alquimista sobre el azufre y el mercurio, toma como referencia a la combustión al declarar que lo que arde en los -- cuerpos es el azufre, lo que se volatiliza y escapa es el mercurio y lo que queda como residuo es la sal.

Los principios paracelsianos dominaron en la química a pesar de la sagaz crítica a que Boyle los sometió, hasta el advenimiento de la teoría del flogisto.

La resonancia provocada por las enseñanzas de Paracelso fue grande y duradera. Su teoría acerca de los procesos patológicos que no son más que un desequilibrio químico encontró defensores tan ardientes como encarnizados adversarios.

El más importante de los sucesores de Paracelso fue JUAN BAUTISTA VAN HELMONT (1577-1644), nacido en Bruselas y generador de interesantes descubrimientos y notables iniciativas. Aunque creía en la piedra filosofal y llegó a describir como pudo transformar mercurio en oro, tales deficiencias no le impidieron acudir incansablemente a la observación, introducir sistemáticamente la balanza en sus investigaciones y describir cuantitativamente los fenómenos estudiados; entregarse, en una palabra, a su filosofía per ignem, o sea la química experimental.

Van Helmont fue el primero que reconoció la multiplicidad de las sustancias aeriformes, a las que dió el nombre genérico de gas (del griego "chaos", caos). "El carbón, y en general los cuerpos que no se disuelven inmediatamente en agua desprenden en su combustión el espíritu silvestre. Sesenta y dos libras de carbón de roble dan una libra de ceniza; las sesenta y una libras que faltan han servido para formar el espíritu silvestre. Este espíritu desconocido hasta ahora, que no puede ser contenido en un vaso ni ser reducido a un cuerpo visible, lo llamo con el nuevo nombre de gas" (1).

En el párrafo anterior, además de usar implícitamente la ley de la conservación de la materia, van Helmont nos habla del dióxido de carbono (espíritu o gas silvestre), al cual confundió varias veces con los gases no inflamables.

Además, describe bajo el nombre genérico de gas pingüe al tipo de gases que se forman en los intestinos, en la putrefacción y los que se obtienen por destilación seca de la materia orgánica (hidrógeno, metano y monóxido de carbono).

Lo que podría parecer un retroceso en la evolución del pensamiento científico es el que van Helmont propusiera al agua como el constituyente principal de todos los cuerpos, al igual que lo había hecho Tales de Mileto. La diferencia entre las dos posiciones radica en algo fundamental: van Helmont procura demostrar su opinión con la ayuda de hechos experimentales: planta un retoño de sauce en una cantidad de tierra-

Hasta esta época se consideraba que las sustancias gaseosas eran tales por que su principal constituyente era el elemento aire.

previamente pesada, suministrándole, únicamente agua, y al cabo de cinco años encuen -
tra que ha ganado 164 libras de peso, mientras que la tierra sólo ha perdido dos on -
zas. De este experimento van Helmont concluye que la madera del árbol y los productos
que de ella derivan, carbón vegetal y cenizas, están formadas por agua.

A pesar de la conclusión errónea a la que llegó, por desconocimiento de la -
función del dióxido de carbono en la alimentación de las plantas, van Helmont esta -
bleció un hito en la investigación química al dar prioridad al método experimental: -
el método filosófico estaba abandonado.

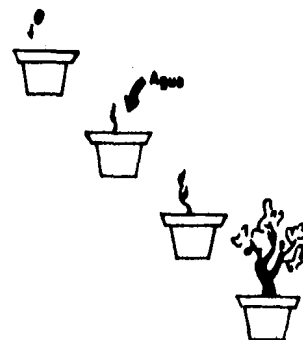
Con Van Helmont la iatroquímica alcanza la cima. Otro de los iatroquímicos -
destacados fue Francisco de la Bøe Sylvius, quien además de reconocer a la respiración
como un caso especial de combustión, propone que la salud depende de los fluidos del -
cuerpo, ácidos o alcalinos, los que producen por su fusión una sustancia neutra.

Su discípulo Otto Tachenius llegó a la conclusión de que toda sal estaba -
formada por un ácido y un álcali.

A pesar del gran impulso dado a la farmacología por los iatroquímicos, en ple -
na época de Francis Bacon, de Galileo y de Descartes, el sistema de la química carga -
ba todavía el fardo de un importante residuo de ideas medievales. Para asegurar a la
química la victoria de la ciencia galileana, se requería que el método experimental -
adquiriera en las investigaciones rigor y exclusividad; se necesitaba por otro lado, -
que la química se independizara de la medicina y cobrara consciencia de sus propias -
finalidades.

3.2 DE BOYLE AL FLOGISTO

La innovación que requería la química para ser tal fue proporcionada por el -



¿Se transformó el agua
en árbol?

irlandés ROBERTO BOYLE (1627-1691), quien apuntaba que "Los químicos tomaron como ta rea la preparación de medicamentos y la extracción y transmutación de los metales. Yo he procurado trabajar en la química con un criterio completamente distinto, no como un médico o un alquimista, sino como debe hacerlo un filósofo. Si los hombres llevaran en su corazón el progreso de la verdadera ciencia por encima de sus propios intereses, entonces se les podría demostrar fácilmente que prestarán al mundo el mayor servicio empleando todas sus fuerzas en efectuar ensayos, hacer observaciones y no expresar - ninguna teoría sin haber comprobado primero los fenómenos relacionados con ella" (2).

Con los argumentos anteriores, Boyle establece los objetivos de su química - filosófica: establecer la composición de las sustancias sin considerar sus eventuales aplicaciones en la metalurgia, la alquimia o la medicina.

Hábil experimentador, Boyle establece la ley que lleva su nombre, da inicio al análisis cualitativos al introducir lo que ahora conocemos como reactivos; emplea metódicamente juegos vegetales como indicadores de grado de acidez y alcalinidad, reconoce que el estaño, plomo y cobre aumentan de peso al ser calcinados, aunque interpretó el fenómeno como debido a la absorción del calor por el metal, ya que considera ba a aquél como ponderable.

Empero, los resultados prácticos de sus investigaciones son únicamente accesorios comparados con el alcance de su obra teórica. "En la historia de la química, - afirma Papp y Prelat, Boyle siempre será recordado como el investigador que arrancó - los caudos soportes de la doctrina de los cuatro elementos aristotélicos y de los tres principios estagóricos (iatroquímica), y que anticipa en su célebre Sceptical Chemist (1661) la noción moderna de elemento químico" (3).

Al declarar Boyle que ni los cuatro elementos, ni los tres principios son los

Ley de Boyle: A temperatura constante, una cantidad fija de un gas ocupa un volumen inversamente proporcional a la presión ejercida por él.

$$V = K/P$$

últimos constituyentes de los cuerpos, puesto que no hay pruebas empíricas que lo demuestre, da fin al apriorismo de los teóricos alquimistas y al de los iatroquímicos. "Quisiera saber, escribe Boyle, cómo se llegaría a descomponer oro en azufre, en mercurio y en sal; yo me haría cargo de todos los gastos que resultaran de la operación" (4). Después de destruir las ideas medievales sobre los constituyentes último de la materia Boyle define el concepto de elemento: "Por elementos entiendo cuerpos primitivos y simples, que no están formados por otros cuerpos, ni pueden ser obtenidos unos de los otros; son los ingredientes de que se componen inmediatamente y en que se resuelven, en último término, todos los cuerpos llamados perfectamente mixtos" (5). Boyle reconoce claramente que en una mezcla los diferentes componentes conservan individualmente todas sus propiedades características, mientras que en los compuestos (mixtos perfectos) desaparecen las propiedades de las partes constituyentes y aparecen otras esencialmente nuevas.

Para Boyle, el concepto de elemento es eminentemente experimental; la designación de lo que es o no un elemento queda pues como un cuadro para una verdad a buscar.

Dos de los contemporáneos de Boyle, Hooke y Mayow se ocuparon, al igual que el primero, del problema de la naturaleza química de la combustión.

ROBERTO HOOKE (1635-1703), que fue durante un tiempo ayudante de Boyle, hizo algunas referencias sobre la combustión en su *Micrographia* (1665), que de haberlas podido desarrollar hubieran cambiado probablemente el curso de la historia de la química: "El aire es el menstruum o disolvente universal de todos los cuerpos sulfúreos (combustibles) (...). En esta disolución de los cuerpos en el aire, determinada porción de ellos se une y mezcla o se disuelve y vuelve al seno del aire para volar ascendiendo y descendiendo con él (...). Las partes del aire con poder disolvente son, sin em-

Proponga una manera sencilla para investigar si la arena de mar es un elemento. (*)

Hooke es más recordado por el establecimiento de la ley que describe al comportamiento de los cuerpos elásticos cuando son sometidos a tensión.

bargo, pocas (...), razón por la que una pequeña porción de él es rápidamente devorada o ya no disuelve más (...) No existe nada que pueda considerarse como el elemento del fuego (...) El cuerpo brillante y transitorio que denominamos llama no es sino una mezcla de aire y partes sulfúreas volátiles de los cuerpos solubles o combustibles" (6). Hooke estuvo a punto de ahorrarse a la química la etapa de la teoría del flogisto, lo cual no sucedió probablemente porque todavía no se conocía la manera de manipular los gases, y por tanto, era imposible que demostrara experimentalmente sus aseveraciones.

JOHN MAYOW (1641-1679) intentó también resolver el problema de la combustión. Atribuyó el aumento de peso producido en la calcinación de los metales a la absorción de partículas nitroaéreas (espíritu nitro-aéreo) procedentes de la atmósfera. También atribuyó a una causa similar la disminución de volumen que una cantidad limitada de aire sufre cuando arde en su seno una bujía o un trozo de alcanfor encendido por medio de una lente. Para estas experiencias Mayow confinó el aire objeto de examen en vasijas de vidrio invertidas sobre agua. Además de demostrar que todo volumen de aire se contrae cuando tiene lugar una combustión en su seno Mayow encontró, al colocar una mosca en lugar de la bujía el alcanfor, que el aire residual es inadecuado para mantener la vida, con lo cual demuestra que el aire consta por lo menos de dos gases: el espíritu nitro-aéreo y un gas inerte en la combustión y en la respiración.

La labor de Mayow contiene el germen del descubrimiento que la química sólo incorporará en su sistema un siglo después: el hecho de que la calcinación no es más que la absorción de oxígeno.

La falta de una técnica para recoger los gases producto de la calcinación o de la combustión, aunada a la autoridad de Boyle, quien había concebido al fuego como una materia ponderable, prepararon el éxito de la teoría del flogisto.

La teoría del flogisto alcanzó su apogeo en la época en que la concepción newtoniana de la gravitación era extraña a los razonamientos de los químicos. La hipótesis de la realidad de una sustancia absolutamente ligera, el flogisto, cuya pérdida hacía más pesados a los cuerpos, no parecía prohibida. La adopción de esta hipótesis permitió explicar cualitativamente el que los cuerpos quemados o calcinados aumentaran de peso.

¿Porqué la ley de gravitación imposibilita la existencia de pesos negativos? (*)

El iniciador de la teoría, JUAN JOAQUIN BECHER (1635-1682), no hizo más que disfrazar los tria prima de Paracelso al sostener que los constituyentes de los cuerpos son tres: terra pinguis, terra mercurialis y terra lapida o fusilis. La terra pinguis, al igual que el azufre paracélsico, representa el principio grasoso y combustible de las sustancias.

Becher en su Physica Subterranea (1699) afirma que toda combustión es una descomposición del cuerpo quemado en sus constituyentes, en la cual la terra pinguis es expulsada de la materia por la acción del fuego.

JORGE ERNESTO STAHL (1660-1734) se entusiasmó con la doctrina de Becher y la desarrolló hasta sus últimas consecuencias.

Stahl dió el nuevo nombre de flogisto (del griego phlogistos, combustible o inflamable) a la terra pinguis de Becher. En la teoría propuesta por Stahl, el flogisto no es idéntico ni al azufre, del cual sólo es constituyente, ni con el fuego, del cual es la condición material. El flogisto no puede ser aislado, ni tiene estado sólido, líquido o gaseoso, aunque el humo que escapa de la combustión de los aceites esté en gran parte formado por flogisto. Los cuerpos fácilmente inflamables como aceites, carbón, azufre, fósforo, grasas, son ricos en flogisto y permiten conferir este principio ígneo a los cuerpos carentes de él. Cuando un cuerpo arde, o un metal se calcina, su flogisto escapa dejando un residuo que antes de la combustión formaba en el cuerpo un compuesto

con el flogisto. Por lo anterior, el ácido sulfúrico está contenido en el azufre, el ácido fosfórico en el fósforo y las cales metálicas en los metales. Al calentar un cuerpo rico en flogisto con otro que está privado de él, el flogisto pasa del primero al segundo y da a éste su combustibilidad. Por ello se puede obtener del ácido fosfórico-fósforo, de la cal de zinc--el pomfolix--zinc, de la cal de hierro--el colcotar--hierro, si se les calienta con carbón.

Así, para esta teoría, la calcinación será una operación analítica (descomposición de un metal en flogisto y cal) mientras que la reducción será una operación sintética (recombinación de la cal y el flogisto).

Stahl aduce que el aire es necesario para la combustión, pues aquel actúa como el receptáculo del flogisto y permite a la llama ejecutar su movimiento en torbellino.

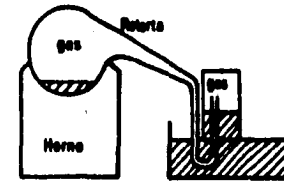
El desarrollo de las técnicas para recoger y manipular los gases, producto de las reacciones químicas, obligaron a la teoría del flogisto a tomar un nuevo rumbo, - que finalmente desembocaría en su destrucción.

ESTEBAN HALES (1677-1761) inventó un aparato para recoger los gases, llevándolos mediante un tubo, de las retortas donde se producían por la acción del calor, a una vasija llena de agua, la llamada "cuba hidroneumática". La única aportación de Hales - sobre la naturaleza de los gases fue la determinación de los volúmenes de gases desprendidos en calcinaciones. Consideraba, además, que todos los gases eran "aires".

JOSEPH BLACK (1722-1799) fue el primero en estudiar cualitativa y cuantitativamente un gas distinto del aire, el llamado "espíritu salvaje" de van Helmont: el dióxido de carbono.

Black transforma por calentamiento un peso conocido de piedra caliza en cal -

Según Stahl, el azufre estaría compuesto por dos sustancias:



Cuba Hidroneumática

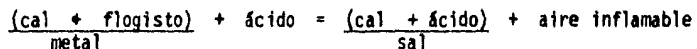
viva, la cual apagada por agua y luego tratada con un álcali suave (carbonato de sodio) produce un álcali caústico y permite recuperar íntegramente la cantidad inicial de piedra caliza. La materia volátil, que en la primera fase de la experiencia se desprendió de la piedra caliza y en la segunda pasó del álcali suave a la cal viva, Black la denominó aire fijo, puesto que se encuentra fijado en todos los álcalis suaves. La observación de que la cal viva en contacto con el aire se convierte en piedra caliza, lo llevó a la conclusión de que el aire fijo--dióxido de carbono--está presente en el aire atmosférico.

El ingenioso experimento de Black presenta dos aspectos sobresalientes: el primero de ellos es haber hecho uso de la balanza como un criterio de certeza en los cambios químicos; el segundo es el haber demostrado la presencia de un gas como constituyente ponderable de un cuerpo sólido.

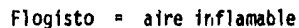
Por su parte, ENRIQUE CAVENDISH (1731-1810) en su obra "Acerca de los gases facticios", nombre con el que se designaba a los gases producidos en el laboratorio, da cuenta de la obtención del hidrógeno al disolver metales en ácido sulfúrico diluido.

Cavendish encontró que el hidrógeno se desprende con cualquier ácido con que se ataque el metal; esta observación, guiada por la teoría del flogisto, le llevó a creer que el metal, descompuesto por el ácido, libera el hidrógeno que contiene. Por eso es que lo llama "aire inflamable de los metales".

El razonamiento de Cavendish era el siguiente:



de esta ecuación es fácil inducir que:



La opinión de Cavendish sobre la identidad del hidrógeno y el flogisto fue adoptada por muchos químicos de su época.

En 1772 descubrió el nitrógeno haciendo pasar una cantidad dada de aire sobre carbón incandescente y eliminando, mediante potasa cáustica, el aire fijo que se había formado. Demostró que en el recipiente quedaba "aire meffico" (nitrógeno) con una densidad inferior a la del aire atmosférico.

En su tratado "Experiencias sobre el aire" (1784-1785), Cavendish consigna sus resultados sobre la síntesis del agua, a partir de aire inflamable y aire deflogisticado (nombre que recién le había dado Priestley al oxígeno): "cuando el aire común y el aire inflamable se hacen estallar en proporciones convenientes, casi todo el último y cerca de un quinto del primero pierden su elasticidad (desaparecen como tales gases) y se condensan en rocío. De esta experiencia se deduce que tal rocío es simplemente agua y, en consecuencia, que casi todo el aire inflamable y un quinto aproximadamente del aire común, se convierten en agua pura" (7).

Al repetir Cavendish su experiencia usando aire deflogisticado en lugar de -aire común, encuentra que el aire no es un elemento--como se había considerado hasta entonces--y que el aire deflogisticado reacciona con el aire inflamable en una relación de volúmenes de dos a uno.

Las experiencias que permitieron a Cavendish la síntesis del agua, lo llevaron, además, a realizar la preparación del ácido nítrico a partir de sus elementos. Al observar Cavendish la acidez del agua formada en su experimento, encontró que se debía a la presencia de ácido nítrico, el cual logró sintetizar posteriormente al hacer saltar una chispa en el seno de la mezcla de aire meffico y aire deflogisticado.

Uno de los más acendrados flogististas que, paradójicamente, habría de contri-

Aunque ya se tienen datos cuantitativos acerca de los volúmenes reaccionantes no existe una teoría que sistematice esta información. (Ver hipótesis de Avogadro y teoría atómica de Dalton).

buir al derrumbamiento de la teoría del flogisto y al advenimiento de la química moderna fue JOSEPH PRIESTLEY (1733-1804), sacerdote, físico y químico.

Ajeno al carácter cuantitativo de Cavendish, Priestley se propone evidenciar la variedad extraordinaria de gases que se engendran en las más diversas reacciones químicas. Fue, después de Scheele, el científico que descubrió más gases en el siglo XVIII.

La innovación que realizó en la técnica para la recolección de gases--cambió al agua de la cuba hidroneumática por mercurio--le permitió aislar y estudiar varios gases solubles en agua, que habían pasado desapercibidos para otros; descubrió el ácido clorhídrico, el amoníaco, el fluoruro de silicio, el dióxido de azufre, el óxido de nitrógeno y varios más.

Al estudiar el aire fijo de Black (dióxido de carbono) encontró que la vegetación hace al aire respirable y apto para la combustión.

En 1774, Priestley se procuró una poderosa lente de aumento, con la cual procedió a calentar diferentes sustancias y recogió los gases producidos en una cuba hidroneumática. "El 1º de agosto--anota Priestley en sus "Experiencias sobre diferentes especies de aire" --procuré extraer aire del mercurio calcinatus per se (óxido rojo de mercurio); pronto me di cuenta de que mediante la lente expulsaba con mucha facilidad el aire. Habiendo recogido de este aire un volumen de cerca de tres o cuatro veces superior al de mi materia inicial, lo puse en contacto con agua y vi que no se disolvía en ella. Pero aquello que me sorprendió de manera que no puedo expresarlo, fue el hecho de que una vela ardía en ese aire con una llama extraordinariamente vigorosa. Un trozo de carbón de leña calentado al rojo centelleaba y se consumía rápidamente" - (8).

Hidargyrum:
Mercurio en latín (Hg)

Después de reconocer al nuevo gas como diferente al "óxido nitroso disminuído", el cual también favorecía la combustión, Priestley logra obtenerlo también a partir del minio y la cal viva.

En un experimento que es clásico, encierra un ratón en un recipiente y demuestra que el animal vive doble tiempo en un volumen del nuevo gas que en el mismo volumen del aire atmosférico.

Basado en la suposición de que el aire saturado del flogisto no es apto para mantener la combustión, y dado que el nuevo gas era, según sus propias palabras, "cinco o seis veces mejor que el aire común", Priestley llamó al oxígeno "aire deflogistificado", ya que recibe ávidamente el flogisto de los cuerpos combustibles. Por razones análogas considera al "aire mefítico" (nitrógeno) como aire flogistificado.

Experimentalista nato, CARL WILHEIM SCHEELE (1742-1786) comparte con Priestley la honra de haber descubierto el oxígeno. Scheele, considerado el químico más grande del siglo XVIII, tuvo su primer contacto con la química al emplearse como preparador de recetas en una farmacia de Estocolmo.

Aunque Priestley publicó primero que Scheele el descubrimiento del oxígeno, el segundo lo obtuvo un año antes con el mismo procedimiento que el primero: dirigiendo la luz de una lente de aumento a la cal de mercurio, con lo cual logró el desprendimiento del "aire de fuego", nombre que le dio al oxígeno.

Después de encontrar una docena de procedimientos para preparar el "aire de fuego", demostró que éste es más soluble en agua que el "aire deteriorado", nitrógeno.

En su Tratado Químico del Aire y el fuego, Scheele anota una definición de la química, que podríamos tomar como de nuestra época, y en la cual se observa que los

tiempos de la alquímica y de la iatroquímica estaban superados: "Descomponer hábilmente los cuerpos en sus partes constituyentes, descubrir sus propiedades y combinarlos en diferentes formas es el objeto y el fin principal de toda la Química" (9).

Entre el gran número de sustancias descubiertas o sintetizadas por Scheele se encuentran el cloro, el ácido fluorhídrico, el fluoruro de silicio, la arsenamina, el ácido arsénico, el ácido prúsico, los manganatos, los permanganatos, el wolframato cálcico, el ácido tartárico, el ácido cítrico, el ácido láctico, el ácido oxálico y la glicerina.

El desarrollo alcanzado por la química neumática y los descubrimientos que ésta había hecho sobre la composición del aire atmosférico hacían que la teoría del flogisto se tambalcara.

ANTOINE LAURENT LAVOISIER (1743-1794), dio el golpe de gracia a la teoría del flogisto al estructurar una nueva teoría que explicaba los fenómenos observados por los flogistas, sin necesidad de incluir al flogisto en su sistema de hipótesis.

¿Qué es una hipótesis? (*)

Lavoisier nació en el seno de una familia opulenta y al estallar la Revolución Francesa era director de las fábricas de pólvora del estado y miembro de la "Ferme Générale" (recaudadores de impuestos), hecho que lo llevó a la muerte en el cadalso el 8 de mayo de 1794.

Para realizar la transformación de la química, Lavoisier no necesitó realizar ningún nuevo descubrimiento.

Como fundamento de su teoría tomó el antiguo principio de la conservación de la materia formulado por Demócrito.

Los principios científicos expresan aquellas regularidades en el comportamiento de los procesos que se cumplen en varios niveles de

Al problema de la transformación de agua en tierra, por ebullición prolongada de la primera--transformación posible en la teoría aristotélica del cambio y, además, sostenida por Van Helmont--Lavoisier da una solución experimental y cuantitativa: calienta durante 101 días el agua en un recipiente de vidrio herméticamente cerrado y dispuesto de tal manera que el producto de la destilación volvía al vaso. Encontró que el peso del vaso con agua no había variado a través del experimento. Destilada el agua, pesó el residuo terroso que encontraba en el fondo del vaso y comprobó que su peso era igual a la pérdida de peso del recipiente. Con lo anterior concluyó que la tierra que se había formado durante la prolongada ebullición provenía de la disolución, debida - al agua, de la sustancia del recipiente. De esta manera, y siempre auxiliado por la balanza, Lavoisier asestó un golpe mortal a la teoría aristotélica de los elementos.

la existencia o, inclusive, en el universo entero.

En su memoria "Cambio del agua en tierra", Lavoisier anota: "Nada se crea, ni en las operaciones del arte, ni en las de la naturaleza, y se puede elevar a la categoría de principio que, en todo proceso hay una cantidad igual de materia antes y después del mismo... Sobre este postulado se funda todo el arte de hacer experiencias en química; debemos admitir una verdadera igualdad o ecuación entre los principios que constituyen el cuerpo en examen y los que forman los productos del análisis del mismo. Por ejemplo, el mosto de vino da gas ácido carbónico y alcohol; por consiguiente puedo decir que el mosto de vino = ácido carbónico + alcohol" (10).

De este modo, el principio de la conservación de la materia conduce a Lavoisier a establecer la trascendental idea de la ecuación química.

El aumento del peso observado al quemar el azufre y el fósforo fue explicado por Lavoisier como una absorción de una gran cantidad de aire. Para demostrar su suposición efectúa la reducción del litargirio (óxido de plomo) en recipientes cerrados y comprueba que se desprende una cantidad de aire con un volumen mil veces superior a la

cantidad de litargirio empleada. Lavoisier extrapola su descubrimiento y afirma que la causa del aumento de peso del azufre y del fósforo quemados entra en juego en la calcinación de los metales y, en general, en todas las formas de combustión.

La hipótesis de Boyle sobre el aumento de peso de los metales calcinados por la adición del calórico es descartada por Lavoisier al calentar estaño o plomo en un recipiente de vidrio herméticamente cerrado mediante rayos solares concentrados por una lente. Una vez efectuada la calcinación, Lavoisier demostró que el recipiente no cambiaba de peso, cualquiera que fuera el desprendimiento de calor y de luz.

La visita que hizo Priestley a Francia en 1774 le permitió informar a Lavoisier la obtención del aire desflogistificado a partir del mercurio calcinatus per se. Al repetir el experimento de Priestley añadiendo carbón al óxido de mercurio, Lavoisier encuentra que se forma aire fijo (dióxido de carbono). Al calcinarlo sólo encuentra que el peso del aire desprendido es igual al perdido por la cal en su transformación en mercurio. Este aire desprendido es la porción más pura del aire atmosférico, aquella que alimenta la respiración y la combustión y que Lavoisier llamara más tarde oxígeno. Así, además de concluir que el aire fijo no es más que la combinación de "la porción eminentemente respirable del aire" y el carbón, demuestra que la fracción del aire que es absorbida por los metales al calcinarse es el oxígeno.

La teoría de oxidación propuesta por Lavoisier se puede resumir en los siguientes enunciados:

- 1.- Los cuerpos sólo arden en una especie de aire, el aire eminentemente-puro.
- 2.- Este es absorbido durante la combustión y el aumento de peso del cuerpo quemado es igual a la pérdida de peso del aire.

Teoría científica: Con
junto de leyes ordena
das sistemáticamente,
que permiten explicar
el comportamiento de
los procesos estudiados
por una ciencia o por
alguna de sus ramas.

3.- Todas las formas de combustión--sin excepción--pueden ser concebidas como combinación de la sustancia combustible con el aire eminentemente puro.

4.- La combustión de los metales da sales; la de los otros cuerpos produce ácidos. Es por eso que Lavoisier propone llamar al aire eminentemente puro, oxígeno; o sea, generador de ácidos.

Al recibir la noticia de que Cavendish había obtenido agua como producto de la combustión del aire inflamable (hidrógeno), Lavoisier explicó la disolución de los metales por los ácidos como un fenómeno en el cual el metal se combina con el oxígeno del agua presente o del propio ácido, con la correspondiente liberación del aire inflamable. Esta explicación sería decisiva para el aniquilamiento de la teoría del flogisto, puesto que ésta suponía que los metales encierran flogisto y que éste, identico al aire inflamable, escapa cuando los metales se disuelven en ácidos. En otras palabras, Lavoisier demuestra que el tal flogisto no se encuentra en los metales, sino que forma parte del agua o del ácido presentes.

Para que no quedara duda sobre la existencia del aire inflamable en el agua, Lavoisier realizó la descomposición de esta última; hizo reaccionar vapor de agua con hierro calentado al rojo y obtuvo, como esperaba, el aire inflamable. Así, llamó a éste hidrógeno, que significa formador de agua.

El descubrimiento del oxígeno y la vasta cantidad de fenómenos que podían explicarse por la intervención de este elemento en las transformaciones observadas, obligó a muchos químicos seguidores de la teoría del flogisto a adherirse al nuevo sistema propuesto por Lavoisier, quien escribía: "El flogisto es un Deus ex machina de los metafísicos; un ente que aparentemente todo explica y en realidad no explica nada" - (11).

Aunque hubo algunos flogististas irreductibles, como Priestley y Cavendish, la teoría del flogisto queda totalmente abandonada a principios del siglo XIX.

Después de proponer junto con Guyton de Morveau, Berthollet y Foucroy un nuevo sistema para denominar a las sustancias según sus componentes y las proporciones relativas de éstas, Lavoisier publica su Tratado Elemental de Química en el cual aparece su "Tabla de los Elementos". Esta tabla fue elaborada por Lavoisier considerando, al igual que Boyle, que una sustancia simple es "el término al cual llega el análisis químico y que no puede subdividirse más en el estado actual de nuestros conocimientos" - (12). A pesar de la definición eminentemente pragmática acerca de los elementos, Lavoisier excluyó de su lista a la soda (hidróxido de sodio) y a la potasa (hidróxido de potasio), que todavía no habían sido descompuestas, además predijo que "las tierras - dejarán pronto de ser contadas entre el número de las sustancias simples".

De esta manera, Lavoisier allanó el camino para el advenimiento de las leyes ponderables de la materia y el nacimiento de la química moderna.

CONCLUSIONES CAPITULO III

La irrupción de las ideas de Paracelso sobre la posibilidad de intervenir en el funcionamiento interno del cuerpo humano para restablecer el supuesto equilibrio alterado modificó el objeto de la química.

Siguiendo los principios griegos, tal vez no enunciados explícitamente entonces, sobre la validez de las leyes de la naturaleza en todos los ámbitos del universo, Paracelso intenta restablecer la salud del cuerpo humano, aplicando los conocimientos que tenía sobre el comportamiento de los objetos externos a él. Esta introspección puede parecer simple, pero refleja un aumento en la racionalidad con que el investigador de esta época se enfrenta a su objeto de estudio.

El alquimista buscaba la piedra filosofal, la cual estaba ligada a él mismo sólo a través de la magia o la religión. En cambio, el nexo entre el iatroquímico y su objeto de estudio era inmediato: los éxitos o fracasos eran notados en poco tiempo y con más objetividad.

Sin embargo, el período comprendido entre el nacimiento de la iatroquímica y el derrumbe de la teoría del flogisto sigue siendo fiel a las ideas de Aristóteles. La Tria Prima de Paracelso y el concepto de flogisto son el producto de la enorme influencia que la doctrina de los cuatro elementos del estagirita sigue teniendo en el aspecto filogenético del conocimiento.

Los iatroquímicos y los flogististas intentaron algo que no habían hecho los alquimistas: usar la experimentación para generar conocimientos. Así, la experimentación como método para interrelacionarse con la naturaleza empezaría a formar parte del componente ontogenético de los investigadores. Sin embargo, la experimentación todavía no se concebía como un procedimiento para contrastar hipótesis. Los experimentos no eran

planteados para verificar la validez de un concepto o la relación entre dos de ellos.

Desde el inicio de la historia de la química y hasta la época de los iatroquímicos se habían preparado y descubierto un gran número de sustancias; pero la clasificación de cada una de ellas y de sus componentes variaba según las doctrinas científico-filosóficas dominantes. Lo que para un griego antiguo estaba formado por agua, para un alquimista constaba de azufre y mercurio, mientras que un iatroquímico hablaba de la Tria Prima al describir a los constituyentes de la materia. El inicio del rompimiento con este tipo de concepciones apriorísticas se debió a la definición empírica de elementos formulada por Boyle. Aun la elaborada teoría del flogisto tuvo que ceñirse a esta definición y esto le permitió la identificación y la clasificación de nuevas sustancias.

El gran éxito logrado por la teoría del flogisto entre la mayoría de los científicos de la época se debió a que cumplía uno de los requerimientos para ser tal: sistematizaba una gran cantidad de conocimientos no relacionados anteriormente. Esta sistematización permitía una sencilla interpretación de fenómenos aparentemente disímiles como la combustión y la calcinación. Además, posibilitaba la clasificación de las nuevas sustancias descubiertas (principalmente gases) bajo la óptica de una estructura aceptada. Asimismo, recogía parte de la tradición de las ideas aristotélicas, alquimistas y iatroquímicas, cuya influencia, más que desaparecer de un solo golpe, se iría diluyendo debido a la aceptación gradual de nuevas teorías científicas.

El nuevo sistema químico que derrocaría a la teoría del flogisto tuvo como cimiento al principio de conservación de la masa en las reacciones químicas. Sin embargo, la revolución ocurrida en la química por la naciente teoría de la oxidación suele ser mal entendida. Lavoisier no fue, desde luego, el primer investigador en usar la balanza en sus trabajos. Las experiencias de van Helmont y Black lo muestran

claramente. Los flogistas realizaban mediciones de masa y fundamentaban sus hallazgos a través de su teoría, y la relación entre sus datos y sus explicaciones no presentaban contradicción. El uso de la balanza, como el de cualquier instrumento de medición, no puede servir como criterio de verdad por sí mismo; es necesario que exista una teoría que sustente el uso de los datos escuetos para explicar la realidad.

La trascendencia de la teoría de la oxidación de Lavoisier radica en que con esa "nueva visión del mundo" se construyó un sistema que prescindía de la hipótesis del flogisto. Con esto se ganó la simplicidad en la explicación, se caracterizó más el concepto de calor, se descubrió el verdadero papel del oxígeno en la combustión y se permitió que la química empezara a hacer uso de los conceptos de la física clásica.

Las ideas de Lavoisier y de Boyle marcan otra diferencia con las concepciones anteriores sobre los elementos, las sustancias y sus cualidades. Para la escuela aristotélica y para los alquimistas y iatroquímicos, las propiedades de una sustancia son dadas por la suma de las propiedades de los elementos. Para los alquimistas, por ejemplo, la madera tiene la propiedad de ser combustible porque contiene azufre y la de formar cenizas porque contiene cal. Con las nuevas concepciones de la química se establece que las propiedades de un mixto compuesto pueden ser radicalmente opuestas a las de los elementos constituyentes. Las propiedades del agua, por ejemplo, no son el promedio de las propiedades del oxígeno y del hidrógeno, ni química ni físicamente. De esta manera se empieza a esbozar la idea de que las cualidades de la materia no residen en los elementos en sí, sino en "algo" generador en el cambio químico. Ese "algo", como se estableció años después, es la estructura.

Por otro lado, Lavoisier dio a la experimentación una intencionalidad diferente a la de sus predecesores. Realizó trabajos prácticos con el objetivo expreso de poner a prueba varios de los postulados de la teoría del flogisto, con la cual logra

que la química de su tiempo avance hacia la consecución de una de las características del método científico experimental: la contrastación de hipótesis.

La gran revolución que causó Lavoisier en el discurso y en la experimentación química fue de tal importancia que los componentes ontogenético y filogenético del conocimiento científico de sus contemporáneos cambió radicalmente. Con sus trascendentales aportaciones se establece la manera explícita el principio de conservación de la masa, se consolidan la cuantificación y experimentación críticas como el método de la química y se inaugura el simbolismo como representación del cambio químico.

4.- LA QUIMICA MODERNA

La teoría del flogisto había sido superada totalmente. Las investigaciones de Scheele, Priestley y Lavoisier abrieron un nuevo camino para la indagación de las relaciones ponderables de los constituyentes de los cuerpos. El avance logrado por el estudio cuantitativo de los fenómenos químicos eran irreversible. La química se aprestaba para realizar el gran salto, siempre acompañada de los conceptos de peso, número y medición.

4.1 LA LEY DE LA PROPORCIONES CONSTANTES

El éxito obtenido por Lavoisier al haber tomado como método de trabajo la realización de mediciones precisas de las cantidades de sustancias involucradas en un cambio químico estimuló a los químicos de la época a seguir su ejemplo.

El químico alemán, JEREMIAS BENJAMIN RICHTER (1762-1807) estudió las reacciones que se producen al mezclar una sustancia ácida con una básica y determinó la cantidad exacta de los diferentes ácidos que se precisaban para neutralizar una cantidad determinada de una base particular y viceversa. Encontró que la cantidad de ácido o base necesarios para neutralizar una masa fija de su opuesto era fija y definida. Así, tomando como base al ácido sulfúrico, al cual asignó un valor de 100, construyó una tabla de pesos equivalentes.

Richter fue quien formó la palabra estequiometría, a partir del vocablo stoicheion (sustancia fundamental o elemento).

JOSE LUIS PROUST (1754-1826), químico francés que desarrolló su trabajo en-

España, siguió las investigaciones de Richter y las superó con creces. Al experimentar Proust con las técnicas más precisas de su época, encontró que la composición de los "carbonatos de cobre" de distintos orígenes (artificiales, y naturales de diversas minas) era la misma. Después de analizar químicamente otras sustancias se convenció de que se trataba de un hecho general. Para Proust las proporciones en las cuales se combinan los elementos entre sí, "están fijadas por la naturaleza" y "el poder de aumentar o disminuir" esas proporciones "no pertenecen al hombre".

¿Como se expresa actualmente la ley de proporciones constantes? (*).

Opuesta a los puntos de vista de Proust estaba la opinión de CLAUDIO LUIS - BERTHOLLET (1748-1822), quien argumentaba que metales como el estaño, el cobre y el hierro podían combinarse con el oxígeno y el azufre en proporciones variadísimas. Proust le contesta, en varias memorias, que se deben tomar en cuenta los "diversos grados de oxidación" y de combinación de los metales y que, en realidad, los "compuestos" de Berthollet no eran tales, sino mezclas. Berthollet acepta el argumento pero sólo para los "mixtos" heterogéneos (sustancias puras formadas por más de un elemento), pero no para los "mixtos" homogéneos (soluciones), pues estos son susceptibles de variaciones continuas en su composición. Berthollet consideraba a las soluciones como combinaciones químicas entre los diferentes solutos y solventes involucrados en las mezclas. Esta discusión, que contiene la interrogante sobre el concepto de sustancia, sólo pudo ser resuelta con el advenimiento de la teoría atómica de Dalton.

La importancia de la ley de las proporciones constantes o ley de Proust, radica en el hecho de que da a una propiedad extensiva (porcentaje de los elementos en un compuesto) la significación suficiente para caracterizar a un compuesto, independientemente de sus propiedades intensivas (color, densidad, reactividad, etc).

La ley de Proust, que tenía un fundamento eminentemente empírico, sólo pudo ser explicada cabalmente por JUAN DALTON (1766-1844) en su celebrada teoría atómica.

La idea básica del nuevo sistema propuesto por Dalton es la similitud de las partículas que conforman un compuesto dado: "Si las últimas partículas de una sustancia, como el agua, son todas iguales entre sí, es decir, poseen la misma forma, el mismo peso, etc., es una cuestión de la mayor importancia. En cuanto sabemos, no tenemos ningún fundamento para suponer distintos entre sí dos átomos de agua. Si sucede eso para el agua, lo mismo debe suceder para los elementos de los cuales consta el agua, o sea el hidrógeno y el oxígeno. Si algunas partículas últimas del agua fuesen más livianas que otras, si una parte de ese líquido hubiese estado en alguna ocasión formado por esas partículas más livianas que otras, se hubiese tenido una influencia sobre el peso específico, caso que no se ha presentado nunca. Pueden hacerse observaciones análogas para todas las sustancias. De esto podemos concluir que las partículas últimas de cada materia homogénea son completamente iguales en forma, peso, etc. En otras palabras, cualquier átomo de agua es igual a cualquier otro átomo de agua; cualquier átomo de hidrógeno es igual a cualquier otro átomo de hidrógeno, etc." (1). Dalton fundamenta en el párrafo anterior la ley de Proust: Puesto que los "átomos de agua" son idénticos entre sí, el peso de ellos debe ser también el mismo; además deben estar formados del mismo número de partículas de cada uno de los elementos constituyentes, por lo tanto el porcentaje en peso de cada uno de los elementos debe ser el mismo para cualquiera de los "átomos de agua". Así la cantidad relativa de hidrógeno y oxígeno presentes en el agua debe ser la misma para "aguas" de diferentes orígenes.

El siguiente problema que Dalton intentará resolver es el del peso relativo de los átomos: "...el principal objeto de este estudio--comenta Dalton-- es demostrar la importancia y la ventaja de la determinación de los pesos relativos de las partículas últimas, tanto de los cuerpos simples como de los compuestos, el número de partículas elementales simples que constituyen una partícula compuesta y el número de partículas menos compuestas que intervienen en la formación de una partícula más compuesta."

En el siglo V A.N.E. fue acuñada la palabra 'átomo' por la corriente filosófica representada por Leucipo y Demócrito (Ver Cap. I)

(2). Puesto que en esa época ya se determina experimentalmente el porcentaje de cada uno de los elementos en una sustancia, a Dalton le restaba conocer el número de partículas simples presentes en un compuesto para poder calcular los pesos relativos de aquellos. Ya que no era posible conocer el número de cada uno de los elementos en un compuesto, Dalton aplicó un criterio apriorístico que, aunque discutible, resultó fecundo:

1.- Cuando sólo se conoce una combinación de dos cuerpos, debe presumirse - que es binaria (un átomo de A y un átomo de B) a menos que haya otro motivo que induzca a suponer lo contrario.

2.- Cuando se conocen dos combinaciones se suponen una binaria y otra ternaria (un átomo de A y dos átomos de B).

3.- Cuando se conocen tres combinaciones, una será binaria y las otras dos terciarias (un átomo de A y dos átomos de B, dos átomos de A y un átomo de B).

4.- Etc.

Los criterios adoptados por Dalton se basan en el principio de máxima simplicidad según el cual simplex est sigillum veri: (lo simple es el sello de la verdad).

Cuando Dalton aplica sus reglas el agua afirma que la molécula de esta sustancia está formada por un átomo de hidrógeno y un átomo de oxígeno (en su época no se conocía el peróxido de hidrógeno), así encuentra que un átomo de oxígeno es ocho veces más pesado que uno de hidrógeno. Después de determinar los pesos relativos de varios átomos en diferentes sustancias, observó que el de hidrógeno era el de menor masa, - por lo que a este le asignó un valor unitario. El peso relativo de los demás átomos lo obtuvo calculando la razón entre la masa del átomo en cuestión y la masa del átomo de

hidrógeno.

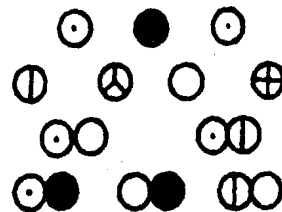
Una vez que obtuvo los "pesos" atómicos de veinte elementos (incluyendo la soda y la potasa), Dalton calculó los "pesos atómicos" de diecisiete sustancias compuestas (es decir el peso de la fórmula mínima, o peso molecular mínimo) sumando los productos de los números de átomos de cada elemento que hay en un "átomo" de la sustancia compuesta por los pesos relativos de los mismos.

En las suposiciones de Dalton está contenida la ley de proporciones múltiples; en el caso en que dos elementos A y B se combinan de más de una manera, la diferencia entre los dos nuevos "átomos" formados será el número de átomos de A y de B presentes en cada compuesto.

Así, la relación entre las masas de B que reaccionan con una cantidad fija de A será un número entero pequeño, puesto que un átomo de A se combinará, en un caso, con un átomo de B, mientras que en el otro lo hará con dos átomos de B. El hecho de que la relación siempre sea expresable con números enteros es una consecuencia de la indivisibilidad del átomo, y el de que sean pequeños del principio de máxima simplicidad.

La ley de las proporciones múltiples o ley de Dalton fue enunciada primero y después comprobada experimentalmente por él en los óxidos de carbono, algunos hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno.

Dalton contribuyó a la notación química actual al escribir las fórmulas de los compuestos representando a los átomos con un número igual de círculos que los que constituyan la molécula y diferenciando los elementos trazando signos diferentes dentro de los círculos.



Algunos símbolos utilizados por Dalton

El modelo atómico propuesto por Dalton se puede resumir en los siguientes postulados:

1.- Los "átomos" de una misma sustancia son iguales entre sí (sea de una sustancia simple como de una compuesta); en particular tienen la misma masa y la misma composición.

2.- Los átomos se unen entre sí en números enteros, y siempre los mismos, para formar "átomos" de una misma sustancia.

La idea de molécula no existe en los trabajos de Dalton, y no sólo por cuestiones de nomenclatura, sino porque él no admitía la existencia de "átomos compuestos" (moléculas) formados por la unión de elementos del mismo tipo.

La brillante teoría de Dalton sufrió, sin embargo, algunos reveses al verse imposibilitada de explicar ciertos hechos experimentales estudiados por Gay Lussac y Avogadro.

JOSE LUIS GAY LUSSAC (1778-1850) calculó, en base a datos propios y de otros experimentadores, los volúmenes que ocupan, en iguales condiciones de presión y temperatura, las masas de gases que se unen entre sí para formar compuestos. Los resultados obtenidos lo llevan a escribir: "He mostrado, en esta memoria, que las combinaciones de las sustancias gaseosas entre sí se realizan siempre en relaciones simples, tales que representando uno de los términos por la unidad el otro es 1, ó 2, a los sumo 3."
(3). Al comparar los resultados obtenidos por Gay Lussac con las consideraciones de Dalton se observó un paralelismo marcado, que condujo a una analogía entre los conceptos de átomo y volumen, para sustancias en estado gaseoso.

¿Qué establece la ley de Gay Lussac acerca del comportamiento de los gases ideales? (*)

El tipo de fenómenos que no podía explicar satisfactoriamente la teoría de Dalton era como el que sigue: si se mezclan dos volúmenes de hidrógeno con un volumen de oxígeno, ambos a la misma presión y temperatura, se producen dos volúmenes de agua. Si la analogía entre átomos y volúmenes era cierta, entonces cada "átomo compuesto" de agua debería tener dos átomos de hidrógeno por cada átomo de oxígeno, lo cual contradecía la fórmula propuesta por Dalton que consideraba al agua como un "átomo compuesto" binario, es decir, formado por un átomo de hidrógeno. Una manera alternativa de explicar el fenómeno incluía la necesidad de partir por la mitad los átomos de Dalton, lo cual no fue aceptado pues contradecía uno de los postulados fundamentales de la teoría atómica de época.

Al intentar el químico turinés AMADEO AVOGADRO DE QUAREGNA (1776-1856) responder a la interrogante sobre la correspondencia entre el volumen de un gas y el número de partículas contenidas en él, afirma en un ensayo publicado en 1811: "La primera hipótesis que se presenta a este respecto, y que parece ser la única admisible, consiste en suponer que el número de las moléculas integrantes (esto es, nuestras actuales moléculas) en cualquier gas es el mismo en iguales volúmenes o es siempre proporcional al volumen - (...) las moléculas constituyentes de un gas simple cualquiera (...) no están formadas por una sola molécula elemental (es decir, un átomo), sino que resultan de la reunión de un cierto número de moléculas elementales en una sola..." (4)

La gran significación de la hipótesis de Avogadro radica en la eficaz manera en que explicaba los descubrimientos de Gay Lussac sobre los volúmenes de gases reaccionantes, sin apartarse de las ideas centrales de la teoría atómica de Dalton, e incluso proponiendo la existencia de moléculas diatómicas para esclarecer una gran cantidad de fenómenos que no habían sido entendidos hasta entonces. Sin embargo, esta brillante hipótesis nunca fue aceptada por Dalton ni por Berzelius y la distinción clara entre átomo-

y moléculas tardó aun varios años en penetrar al lenguaje químico.

La dificultad que presentaban los principios aprorísticos de Dalton para la determinación de los pesos atómicos y, por tanto, de los pesos moleculares, fue salvada parcialmente por el descubrimiento de dos criterios experimentales que permitían evaluar los resultados daltonianos.

En 1818 Pierre Louis Dulong y Alexis Therese Petit encontraron que el producto matemático de los calores específicos (determinados por ellos) de elementos que forman cuerpos sólidos a temperatura ambiente y los pesos atómicos respectivos (calculados por Berzelius) daba como resultado un número casi constante o un múltiplo de este. Si este "calor atómico" era el mismo para los elementos citados, entonces los pesos atómicos que daban como resultado múltiplos de esos "calor atómico" deberían ser modificados para que siguieran lo que finalmente se llamó la ley de Dulong y Petit. Así, para un elemento del cual se desconociera o se tuviera duda sobre su peso atómico, bastaba con determinar su calor específico para poder calcular aquel con un mínimo de error.

Por otro lado, el químico alemán EILHARDT MITSCHERLICH (1794-1863) había descubierto hacia 1819 que los compuestos de composición semejante (isomorfos) tienden a cristalizar juntos. De esta ley del isomorfismo que dedujo que si dos compuestos cristalizan juntos y se conoce la estructura de uno de ellos (es decir, el número de cada uno de los átomos constituyentes), la estructura del segundo puede suponerse igual.

La habilidad experimental y la visión sintética necesarias para llevar a la química más allá de donde la había colocado Dalton fueron reunidas en la persona del químico-sueco JUAN JACOBO BERZELIUS (1779-1848), principal responsable, además, del establecimiento definitivo de la teoría atómica.

Calor específico: Es la cantidad de calor necesario para que un gramo de sustancia eleve su temperatura en un grado centígrado.

Berzelius tuvo tal prestigio que ejerció una influencia decisiva en las ideas de todos los químicos de Europa, al punto de que costó mucho trabajo, a quienes se opusieron a sus trabajos, imponer sus ideas propias, aun cuando fuesen acertadas, y las de Berzelius erróneas.

La reputación de Berzelius estaba fundamentada en el gran número de análisis químicos que realizó como para que ya nadie dudara de la validez de la ley de proporciones definidas y de la ley de las proporciones múltiples y, por ende, de la teoría atómica.

El método seguido por Berzelius para la determinación de pesos atómicos y moleculares consistía en una inteligente combinación del isomorfismo, la ley de Dulong y Petit, las leyes de Gay Lussac y la hipótesis de Avogadro (que aceptaba con ciertas reservas).

La tabla de pesos atómicos de Berzelius, publicada en 1828, puede confrontarse favorablemente con los valores aceptados hoy día, excepto dos o tres elementos. Esta tabla ya asignaba al oxígeno un peso atómico relativo de 16, pues Berzelius daba crédito a la hipótesis de Avogadro sólo para sustancias gaseosas simples y adjudicó al agua la fórmula H_2O .

Nuestra actual simbología química tuvo como origen las modificaciones que hizo Berzelius al sistema que usaba Dalton para representar a los átomos. El químico sueco sugirió que cada elemento tuviese un símbolo válido tanto para representar el elemento en general, como para un átomo del elemento y que este símbolo consistiese en la inicial del nombre latino del elemento.

Con el advenimiento de la invención de la pila eléctrica por ALEJANDRO VOLTA -

En la actualidad los pesos atómicos de los elementos se determinan tomando como base al C^{12} , al cual se le define una masa de 12,000

(1743-1820), fue posible el descubrimiento de nuevos elementos. SIR HUMPREY DAVY (1778-1829) estudió los cambios químicos producidos por la electricidad en algunas sustancias y logró aislar inicialmente mediante la electrólisis de los hidróxidos de potasio y sodio sólidos humedecidos, los metales sodio y potasio; y con esto, además de demostrar que Dalton fue cauto al no clasificar a la soda y a la potasa como elementos, dotó a la química de un poderoso método de análisis. Posteriormente logró obtener los metales magnesio, calcio, estroncio y bario.

Hacia el año de 1860, ESTANISLAO CANNIZZARO (1813-1910) propuso una nueva técnica para la determinación de pesos moleculares y atómicos, la cual incluía el cálculo de densidades de vapor de sustancias líquidas y sólidas (método desarrollado por Juan Bautista Dumas en 1826). La significación de la reforma cannizzariana radica en el hecho de que toma como base la hipótesis de Avogadro para deducir que la densidad del vapor de una sustancia es directamente proporcional al peso molecular de ésta y que la relación entre las masas de dos volúmenes iguales de gases diferentes, a la misma presión y temperatura, es igual a la relación de los pesos moleculares de las mismas. Así, asignando una masa arbitraria a la molécula de una sustancia se puede tener un sistema único de pesos moleculares de aquellas sustancias cuya densidad de vapor se conozca. De esta manera, si al hidrógeno molecular se le asigna una masa de dos unidades (Avogadro daba al hidrógeno una naturaleza diatómica) se podría construir una tabla de pesos atómicos y moleculares basada en el peso de ese elemento.

4.2 CLASIFICACION PERIODICA DE LOS ELEMENTOS

El descubrimiento de que la electrólisis servía como un excelente medio para separar las sustancias en elementos o sustancias más simples, aunado a la claridad y relativa sencillez con que podían calcularse los pesos atómicos a través del método de -

Cannizzaro, llevaron a que en el año de 1830 ya se conocieran cincuenta y cinco elementos diferentes, y sus pesos atómicos respectivos.

Las propiedades de los elementos conocidos variaban extensamente y parecía existir poco orden en ellos. Además, los químicos de la época no tenían idea del número de elementos que faltaban por descubrir; el número de estos podía ser de diez, cien o infinito.

Si se tratara de ordenar los átomos tal vez se encontrara algún indicio del número total de ellos y alguna manera de justificar la variación de las propiedades que poseían.

GUILLEMO PROUT (1785-1850) emitió la hipótesis del protido en 1815, la cual consistía en suponer que los átomos de todos los elementos eran generados por la unión de átomos de hidrógeno. La hipótesis de Prout se basaba en el hecho de que los pesos atómicos de los elementos conocidos eran múltiplos aproximados o exactos del peso del hidrógeno. Prout atribuía las diferencias a una mala determinación de los pesos atómicos y esperaba que al afinarse los instrumentos de medición y las técnicas correspondientes se llegara a datos completamente afines con su hipótesis. Sin embargo, al aumentar la precisión en las determinaciones la hipótesis de Prout se fue a tierra y terminó por olvidarse debido a que los nuevos datos obtenidos no tendían a ser enteros.

¿Para qué era necesaria una ordenación de los elementos? (*).

Otro de los que intentaron buscar alguna regularidad en las propiedades de los elementos fue JUAN W. DOBEREINER (1780-1849), quien después de agrupar algunos elementos que tenían comportamientos químicos similares encontró que podía formar algunas "tríadas" de aquellos, en las cuales el elemento central mostraba un comportamiento promedio de los extremos, además de que su peso atómico resultaba ser la media de los otros dos. Las tríadas encontradas por Dobereiner eran las formadas por: cloro, bromo y

yodo; calcio, estroncio y bario; y azufre, selenio y telurio; pero las cinco sextas - partes de los elementos restantes se resistieron a formar tales grupos, por lo que las relaciones propuestas por Döbereiner fueron tomadas por simples coincidencias.

En 1862, el geólogo francés ALEXANDRE EMILE BEGUYER DE CHANCOURTOIS (1829-1926) construyó su "vis tellurique", que no es otra cosa que una disposición geométrica particular de la clasificación periódica, Chancourtois aseguraba que las propiedades de los elementos dependen de su posición en la "hélice telúrica", posición que, a su vez, depende del peso atómico, ya que los elementos aparecen ordenados, según los pesos - atómicos crecientes, sobre una hélice cilíndrica de modo que elementos análogos queden sobre una misma generatriz del cilindro. La idea del francés no fue tomada en serio - por la Academia y fue desechada.

JUAN A. R. NEWLANDS (1839-1898), químico inglés, presentó en 1861 una tabla de clasificación de los elementos basada, también, en los pesos atómicos. La clasificación de Newlands es de importancia, pues en ella destacaba la "ley de las octavas", según la cual si se ordenan los elementos por sus pesos atómicos crecientes "el octavo elemento a partir de uno cualquiera es una especie de repetición de aquel" (5). El problema que representaba la tabla de Newlands era que algunos de sus períodos tenían que ser de más de siete elementos.

El alemán JULIUS LOTHAR MEYER (1830-1895) consideró en 1870 que la relación entre las propiedades periódicas se debía, no al peso atómico, sino al volumen atómico. Para obtener este, Meyer consideró el volumen ocupado por un peso dado de los diversos elementos. Al tabular Meyer sus resultados encontró que se seguía respetando la ley de las octavas de Newlands, pero consideró que los últimos períodos deberían tener - más de siete elementos, con lo cual dejó entrever una mayor cantidad de familias químicas.

Un año antes de que Meyer publicara su trabajo, el químico ruso DEMETRIO IVANO VICH MENDELEIEV (1834-1907) había descubierto también el cambio de longitud en los períodos de los elementos y había propuesto una clasificación periódica basada en los pesos atómicos crecientes y la valencia de los elementos (razón entre el peso atómico y el peso equivalente), la cual sistematizaba asombrosamente las analogías entre las propiedades de los elementos.

Defina de una manera diferente el concepto de valencia. (*)

Con el fin de que los elementos cumplieren la condición de tener la misma valencia cuando estuviesen en una determinada columna de la tabla, Mendeleiev se vio obligado en uno o dos casos a colocar un elemento de peso atómico ligeramente superior delante de otro de peso atómico inferior, lo cual lo situaba en el grupo de elementos con propiedades químicas similares.

Una de las aportaciones más importantes de Mendeleiev es la referente a la posibilidad de predecir que aún faltaban elementos que descubrir, pues estos aparecían como huecos en su tabla. Además, con la ayuda de la tabla pudo establecer con cierta aproximación las propiedades que tendrían los elementos faltantes.

La actividad de los químicos del siglo XIX no se limitó a lo expuesto hasta aquí; sus aportaciones fueron aumentando en número y en profundidad. Sin embargo, ninguna de ellas tiene el carácter fundamental que posee la clasificación periódica de los elementos.

En el siglo pasado se configuraron conceptos como el de la estereoisomería -- (L. Pasteur); el equilibrio químico y el "principio" que lo norma cualitativamente -- (E. Le Chatelier); el reconocimiento de sustancias "complejas" (A. Werner), etc.

Sin embargo, cada vez se hacía más claro que para llegar a comprender proble

más como el equilibrio químico, la "afinidad", las propiedades de las soluciones, etc., no era suficiente usar métodos estrictamente químicos, y que para ello era menester usar los métodos de las leyes de una ciencia que había experimentado un desarrollo mayor: la física.

Así, se puede considerar que el acta de nacimiento de la físico-química es el primer número de Zeitschrift für physikalische Chemie que apareció en el año de 1887 (6).

Esta nueva disciplina científica permitió que los Nerst, Van't Hoff, Joule, - Thomsen, Carnot, Clausius y muchos otros de su talla iniciaran una nueva revolución en la química cuantitativa. Esta nueva etapa de la historia de la química es de tal importancia que ahora es imposible concebir el estudio de las transformaciones de la materia con otra óptica que no sea la de la físicoquímica.

CONCLUSIONES CAPITULO IV

La química moderna se desarrolló teniendo como fundamento a la teoría de la oxidación de Lavoisier y a la certidumbre de que la cuantificación de las propiedades de la materia revelarían la estructura última de esta y su relación con el cambio.

El descubrimiento de la ley de Proust hizo que la química tomara un camino que la física ya había recorrido: el de la cuantificación como parte sobresaliente en el método de investigación. El antiguo principio pitagórico recobraba vigencia; la naturaleza, también en su ordenamiento elemental, respetaba las relaciones matemáticas entre las variables cuantificables. Sin embargo, la medición por sí sola no produce el descubrimiento de nuevos conceptos sobre el objeto de estudio. Es el químico quien realiza las hipótesis o modelos sobre la constitución de la materia y luego, auxiliado por la cuantificación, decide sobre la veracidad de ellas. No es posible medir una propiedad de la materia si no sabemos en qué consiste ella o sospechamos de su existencia. La medición permite, en el mejor de los casos, la corrección de nuestras hipótesis.

La ley de las proporciones constantes, aunque suficiente para dar cuenta de una propiedad general, encuentra su razón al inscribirse en la teoría atómica de Dalton. La teoría daltoniana, basada en el concepto de masa atómica, permitió descubrir los nexos entre las propiedades cualitativas y las propiedades cuantitativas de la materia. La ley de Proust no es más que una manera de afirmar que sustancias con la misma proporción de átomos constituyentes tiene las mismas propiedades debido a que son una misma sustancia. Por otro lado, al variar las proporciones de los átomos presentes en una sustancia, respetando la ley de proporciones múltiples, se obtiene una sustancia con propiedades diferentes a las originales, puesto que las cualidades dependen de la cantidad de átomos presentes en la molécula.

Esta clara caracterización de las sustancias en base a su composición atómica, y no solamente en sus propiedades o cualidades, hizo que los conceptos de peso - equivalente, masa atómica y masa molecular debieran quedar plenamente definidos para que fueran objetivos, es decir, reflejaran la realidad sin relativismos innecesarios.

La vieja disputa entre las corrientes que atribuía ya sea a los elementos o a los ordenamientos atómicos al ser portadores de las cualidades, había quedado resuelta. Los elementos químicos, entendidos estos como el límite al cual se podía llegar a través de un análisis químico, no eran más que el producto de una organización de los átomos. Un elemento sería así un conjunto de átomos de la misma clase, pero estructurados de una manera específica. Las moléculas de ozono (O_3) y de oxígeno molecular (O_2) difieren del oxígeno elemental (O) no tanto en el número de átomos de oxígeno presentes, sino en la manera en que se encuentran unidos. El concepto de estructura química tomó una concreción e importancia mayores que los átomos materiales.

La multiplicidad del mundo pudo explicarse entonces por algo que permanece (los átomos) y algo que cambia (la estructura).

La molécula (conjunto estructurado de átomos) no posee las propiedades de los elementos que la constituyen, posee propiedades diferentes porque tiene una estructura propia que la hace ser otra "cosa".

La relación entre las leyes ponderables y la estructura de la materia era muy íntima. Con cantidades diferentes de átomos se pueden construir diferentes estructuras, de tal manera que se obtienen sustancias diversas.

Otro de los avances logrados al relacionar lo cuantitativo con lo cualitativo fue la construcción de la tabla periódica de los elementos. En esta, las cualida -

des comunes que hacen que ciertos átomos formen familias, son atribuidas a un dato numérico: la masa atómica. Al buscar ordenamientos cualitativos se encontraron regularidades cuantitativas que hicieron que se formulara la "ley de las octavas", todavía en uso. En este caso la aplicación de la ley periódica permitió incluso predecir la existencia y las propiedades cualitativas y cuantitativas de algunos elementos, con lo cual la tabla de Mendeleiev demostró su utilidad como instrumento de la investigación química.

La búsqueda de la unidad en el mundo variado no terminó en el siglo XIX; para la química contemporánea al átomo no es el último concepto sobre el cual descansa la constitución de la materia. Hoy en día los conceptos de neutrón, protón y electrón son los que "dan cuenta" del cambio en el universo. Para los químicos actuales la noción de estructura electrónica del átomo es fundamental para entender todo el vasto campo que algún día intentó explicar Tales.

Por otro lado, aunque el método experimental era usado por un número cada vez mayor de investigadores, aquel tenía un origen eminentemente pragmático, no reflejaba ninguna visión del mundo en particular y no se era consciente de sus limitaciones.

Para que el método experimental tuviera vida propia, era menester que alguna filosofía con una visión particular sobre la teoría del conocimiento le diera fundamento.

Sólo entonces el método experimental, y sus frutos en el terreno de la química, podrían ser criticados desde el punto de vista epistemológico y, al mismo tiempo, en un proceso dialéctico se podría establecer cuál de las diversas corrientes filosóficas presentaba una opción más amplia y objetiva para explicar y conocer el fenómeno del cambio en particular y al universo en general.

El conocimiento actual sobre el cambio químico, considerado este como un fe nomeno no directamente observable, descansa sobre un gran número de modelos científicos que reflejan, de una u otra manera, la visión del mundo del investigador que los ha propuesto. Así, cuando un químico adopta y hace uso de conceptos como enlace químico o estructura molecular, está aceptando todo el pensamiento de los investigadores que dieron origen a tales modelos, sin que éstos y aquél tengan conciencia de tal he cho.

Por lo anterior, es imprescindible que el químico contemporáneo reflexione acerca de los principios filosóficos sobre los que está fundada la ciencia química de nuestro tiempo, lo cual es tema del siguiente capítulo.

5. LA EPISTEMOLOGIA DE LA QUIMICA EL POSITIVISMO Y LA DIALECTICA

Para las postrimerías del siglo XIX, las ciencias naturales en general, y la física y la química en particular, habían cimentado sus principios más generales. Las revoluciones que Galileo y Newton, por un lado, y Dalton y Lavoisier, por el otro, habían realizado en sus respectivos campos, lograron que se cambiara la manera de "ver el mundo".

Así, las diferentes escuelas filosóficas trataron de dar cuenta de ese nuevo mundo recién descubierto por los científicos. Los antiguos sistemas filosóficos, tal como lo había hecho las teorías científicas, deberían renovarse.

En el presente capítulo se desarrollarán las ideas de algunos de los representantes de las dos corrientes en que, de una manera simplificada, se ha dividido el pensamiento filosófico de fines del siglo XIX: el positivismo y la dialéctica.

Esta revisión, aunque no pretende ser exhaustiva, sí tiene como objeto caracterizar a cada una de las dos posiciones epistemológicas derivadas de la división mencionada, y trata de sentar las bases para una discusión más detallada sobre la cuestión de cuál de ellas resuelve de mejor manera el problema de la teoría del conocimiento.

5.1 EL POSITIVISMO: EL METODO EXPERIMENTAL Y LA FILOSOFIA DE LA FISICA DE ROBERT BLANCHE.

No debe extrañarnos que en un ensayo sobre la epistemología de la química se hable de una obra dedicada a la filosofía de la física. Estas ciencias naturales, la física y la química, se han apoyado mutuamente en más de una ocasión. Incluso, no es posible deslindar la frontera entre ambas: es por esto que existe la fisicoquímica.

Sin embargo, el nexo más importante entre ambas es de otra índole: su sistema de trabajo. Las dos tienen como fundamento el método experimental.

Para Blanche la promoción de la física y, por ende, de la química al rango de ciencias, en el sentido en que lo entendemos hoy, ha sido posible gracias a la aplicación del método experimental. Pero, advierte Blanche, "no debe creerse dejándose en gañar por las palabras, que la novedad del método experimental consiste en remitirse simplemente a la experiencia sensible" (1). La teoría del conocimiento de los antiguos otorga un alto valor a la experiencia y es rica en contenido empírico. Los logros de la filosofía aristotélica son el resultado de una acuciosa observación y de una tendencia a adaptarse a la experiencia inmediata. El estancamiento en que cayó la ciencia en la Edad Media fue debido a que los seguidores de Aristóteles no siguieron el ejemplo y tomaron sus libros como algo acabado.

Blanche explica que la diferencia entre la ciencia antigua y la moderna no consiste en el reemplazo del razonamiento por la experiencia sino que "... el cambio - consiste en una nueva manera de asociar razonamiento y experiencia: una nueva manera de razonar a propósito de los hechos de la experiencia, una nueva manera de interrogar a la experiencia para, a la vez, someterla al razonamiento y permitirle controlar lo" (2).

Por otro lado, Blanche advierte que no se debe caer en el error de llamar a la ciencia moderna "inductiva", para diferenciarla de la antigua, a la cual se le suele catalogar como "deductiva".

Si bien es cierto que la ciencia actual parte de la observación de los fenómenos para construir sus teorías, no es a través de una simple generalización de la experiencia que se produce el conocimiento; es decir, la sencilla enumeración de casos

individuales no conduce necesariamente a la postulación de una ley científica. La ciencia moderna recurre a métodos más elaborados.

Pero, si no es la experimentación y la inducción lo que caracterizan a nuestra ciencia, ¿cuáles--se pregunta Blanche--son los rasgos que distinguen a la ciencia moderna de la antigua?

Las características que el autor mencionado atribuye a la ciencia moderna son tres, ninguna de las cuales es sin duda absolutamente nueva en sí misma, pero cuya unión íntima hará la originalidad del método experimental: el uso del razonamiento hipotético deductivo, el tratamiento matemático de la experiencia y el recurso a la experimentación.

La deducción hipotética--afirma Blanche--se distingue de la deducción categórica en que en lugar de afirmar como verdadero su principio para comunicar su certidumbre a sus consecuencias, se limita a ponerlo en el punto de partida--en el sentido propio del término hipótesis--como un simple postulado cuyo valor de verdad queda en suspenso, y a sacar sus consecuencias, que participan naturalmente de la neutralidad del principio en cuanto a lo verdadero y lo falso.

Aristóteles al construir su sistema astronómico, hizo uso del método hipotético-deductivo. "Su método comportaba manifiestamente dos momentos. Primero, una marcha regresiva en la que había de manifestarse la facultad inventiva y el olfato del sabio: en presencia de los fenómenos, imaginar una hipótesis de la cual se presume que - permitirá encontrarlos como consecuencias". El segundo paso "...consiste precisamente en deducir, por un razonamiento riguroso, las consecuencias de la hipótesis, a fin de - confrontarla con los hechos. Hipótesis primero, deducción después; tales son los dos - momentos sucesivos del procedimiento, lo cual justifica el nombre de hipotético-deduc

tivo... " (3).

Sin embargo, el método hipotético-deductivo tiene limitaciones: si en un razonamiento formalmente correcto la falsedad de la consecuencia autoriza a juzgar que hay por alguna parte error en los principios, la regla no opera en el mismo sentido para la verdad: la verdad de la consecuencia no nos asegura la de los principios, lo verdadero puede deducirse de lo falso.

Durante mucho tiempo el uso de la hipótesis tuvo como finalidad "salvar los fenómenos", es decir una hipótesis era considerada aceptable cuando permitía deducir a partir de ella los hechos observados, sin que importara la veracidad o falsedad de los postulados iniciales. Así, era posible construir tantas teorías como científicos existieran y, para un mismo fenómeno se podían encontrar varias explicaciones, incluso con contradictorias entre sí.

Entre los instauradores del método experimental la posición con respecto a la hipótesis-postulado cambió netamente: ya no querían saber de hipótesis ficticias, querían explicaciones verdaderas, conformes a la naturaleza de las cosas.

La respuesta a la inquietud de los científicos se encuentra en un nuevo movimiento a través del método. Si se hace una conjetura (hipótesis) tal que parezca, por lo menos, verosímil, el proceso no debe detenerse ahí; en seguida, invirtiendo el movimiento, se vuelve a descender esta vez mediante una deducción rigurosa, desde esta conjetura a consecuencias tales que permitan, por una confrontación con los hechos de experiencia, juzgar el valor de la conjetura.

"Una idea entre dos hechos: a partir de observaciones, una hipótesis, después de esta, una deducción que conduce el experimento para controlar la hipótesis, tal es el método hipotético-deductivo" (4) que será el de la nueva ciencia.

La segunda característica que, según Blanche, posee la ciencia moderna es la referente a la reducción del mundo de la experiencia a su estructura matemática.

Blanche aclara que no basta con aplicar las matemáticas a la interpretación de la experiencia, para considerar que se está usando el método actual de la ciencia. Platón, por ejemplo, atribuye al sistema planetario una estructura geométrica para tratar de explicar el número de planetas y sus posiciones con respecto a la tierra; y aún el mismo Kepler, en su primera obra, hace uso de planteamientos geométricos al estilo de Platón.

"Es de otro modo que las matemáticas se introducen en la física--afirma Blanche--, y cómo cae la barrera con que la Escuela separaba radicalmente, como a lo imaginario de lo real, a una ciencia abstracta y puramente ideal de una ciencia que se propone darnos el conocimiento de lo concreto, tal como se ofrece a la experiencia sensible" (5). El paso decisivo es llegar a traducir los fenómenos en magnitudes, transformar las cualidades en cantidades. Los enunciados de medida "constituyen la materia primitiva con la cual los físicos construyen su mundo, son los elementos simples de la realidad que el trata de determinar en sus juicios" (6).

La investigación no debe reducirse a las relaciones de sucesión o existencia entre dos o varios fenómenos, sino analizar un solo fenómeno en sus dimensiones características, para determinar la relación matemática según la cual tal dimensión varía en función de tal otra, tomando aquella como variable independiente. Para Blanche la tarea principal de investigador, consiste en encontrar las nociones abstractas (dimensiones) que se prestan a una determinación experimental de su magnitud; aunque, aclara, esas nociones son abstractas solo en el sentido de que son intelectuales, no inmediatamente sensibles. Sin embargo--sigue afirmando Blanche--las dimensiones no tienen sig-

nificación física sino acompañadas de la indicación de procedimientos que permiten obtener de ellas, en lo concreto, una medida precisa.

Finalmente, plantea una ruptura consumada entre dos significados de lo "real". Al definir lo "concreto" como lo que cae bajo la experiencia inmediata, es decir, lo que se impone a percepción resistiendo a la fantasía y contraponerlo a lo "objetivo" - que, para él, es lo que existe independientemente del conocimiento que alguien pueda tomar de ello, concluye afirmando que "entre lo concreto y lo objetivo, en adelante, es necesario escoger" (7). Dicho en otras palabras, lo que Blanche asegura es que el científico moderno no podrá reconciliar, de ninguna manera, la información inmediata que nos brindan nuestros sentidos, con el conocimiento científico que tengamos de un fenómeno dado.

El último rasgo esencial de la ciencia moderna consiste en el paso de la observación banal a la observación científica, apoyada esta última en el instrumental concebido ad hoc.

Al igual que las dos características mencionadas anteriormente, el recurso al experimento no es suficiente, por sí solo, para conferir valor experimental a la investigación. "por más que pasaran (los alquimistas) su tiempo atormentando a la naturaleza no les respondía, ni siquiera a aquellos que habían apartado de su espíritu las sobrevivencias mágicas o místicas, pues no sabían como plantear convenientemente las preguntas" (8). En las líneas anteriores, Blanche expresa muy claramente que la manipulación de sustancias y equipo de laboratorio no lleva, necesariamente, a la adquisición de conocimientos, sino es con la ayuda de un método de trabajo y con la intención, lo más explícita posible, de conocer a la naturaleza.

La diferencia esencial entre la observación y la experimentación no reside en el hecho de que estudiemos un fenómeno como se nos presenta en la naturaleza o - que lo produzcamos artificialmente. La diferencia fundamental consiste en la actitud del espíritu, es muy diferente "hacer una observación" y "recurrir a la experiencia".

La observación es el punto de partida del método, es la que nos mueve a plantearnos los problemas. Pero después de haber imaginado una hipótesis que de solución a nuestros problemas, debemos ponerla a prueba, controlarla, es decir recurrir al experimento para saber si este concuerda con las consecuencias de la hipótesis. "Es esta separación entre las dos funciones de la experiencia--suscitar la hipótesis o controlarla--la que es un rasgo característico del método experimental" (9).

Al conjuntar los tres rasgos característicos de la ciencia moderna se nota la interdependencia de ellos. El empleo del método hipotético-deductivo acude para el control de la hipótesis misma a través del experimento en el cual las consecuencias son expresadas en valores precisos de ciertas magnitudes. En el fenómeno estudiado - se procede de tal manera que las magnitudes sobre las cuales versa el problema aparecen en condiciones ideales, sustrayéndolas a la perturbaciones que las afectan en la naturaleza, por su composición con otras magnitudes.

5.2 EL RACIONALISMO DE GASTON BACHELARD

La inclusión de Bachelard en esta parte del ensayo dedicada a la dialéctica se debe a que es el nexo más cercano, más directo entre el materialismo y la química contemporánea.

La obra de Bachelard resalta la complejidad de la interpretación actual del fenómeno químico. Es, además, un constante desafío a las ideas espontáneas que el positivismo perpetuaría.

La ciencia, según Bachelard, no surge de la experiencia directa como afirmaban los empiristas; ni tampoco de la razón imperturbable y eterna que pregonan los racionalistas

El pensamiento científico actual se encuentra en una alternancia entre lo a priori y lo a posteriori; de tal manera que "el empirismo y el racionalismo están ligados dentro del pensamiento científico por un extraño lazo, tan fuerte como el que une el placer y el dolor (...) cada uno de ellos triunfa justificando al otro: el empirismo necesita ser comprendido y el racionalismo necesita ser aplicado" (1).

Así, en contraposición al esquema simple que proponen los positivistas, Bachelard propone una "polaridad epistemológica" entre la que se mueven, incesantemente, el empirismo y el racionalismo.

El pensar científicamente se da, entonces, al "colocarse en el campo epistemológico intermediario entre teoría y práctica, entre matemáticas y experiencia. Conocer científicamente una ley natural, es conocerla a la vez como fenómeno y nómeno (2).

Para plantear la ventaja que tiene el materialismo racional sobre el positivismo, Bachelard se propone mostrar que la evolución filosófica de un conocimiento particular es un movimiento que atraviesa, en el orden indicado, todas las siguientes doctrinas: el animismo, el realismo, el positivismo, el racionalismo complejo y el racionalismo dialéctico.

Para lograr lo anterior "mide" filosóficamente el progreso científico del concepto masa a través de las distintas doctrinas mencionadas.

Al respecto, dice: "Bajo su primera forma la noción de masa corresponde a una apreciación cuantitativa tosca y como glotona de la realidad", Sin embargo "un cascarón vacío contradice la avidez" y la valoración y comprensión de que lo más grande no es lo más rico induce a interiorizar el concepto de masa. "Se convierte en sinónimo de riqueza profunda, de riqueza íntima, de concentración de bienes", dando curso a los más diversos ensueños animistas.

En el segundo nivel se liga el concepto de masa al uso de la balanza. De este modo, la noción de masa se visualiza en los brazos de la balanza como cantidad de materia; la masa está representada por la balanza, nos encontramos en el nivel del realismo.

La mecánica newtoniana, en la cual la masa está definida como la relación fuerza/aceleración, nos coloca en el terreno del racionalismo; toda referencia a lo real ha cesado; lo que aparece es una relación matemática bien definida. Las cosas se han complicado filosóficamente, el realismo ha sido superado. La masa ha sido reducida a una relación entre dos conceptos.

Al quedar superada la física newtoniana por la física relativista, los conceptos de espacio absoluto y tiempo absoluto sufrieron una revolución que hizo que la masa establecida antes por definición como independiente de la velocidad, como absolu

ta en el tiempo y en el espacio, como justa base de un sistema de unidades absolutas - fuera considerada como una función complicada de la velocidad. La complicación crece; nos enfrentamos a un realismo completo.

La última etapa esta caracterizada por la aparición de una masa negativa - (mecánica de Dirac). El racionalismo ha completado su trabajo, no hay más realidad natural; se ha llegado al racionalismo dialéctico.

Este perfil epistemológico, como lo llama Bachelard, nos indica la línea del progreso filosófico de un concepto científico. Sin embargo, aunque este perfil nos indiqúe que el conocimiento va de lo real a lo racional, en la ciencia contemporánea se va de lo racional a lo real; nuestro pensamiento va hacia lo real, no parte de éste.

Pero ¿no parece una contradicción que un filósofo que se dice materialista afirme que nuestro pensamiento no parte de lo real? ¿no se podría calificar a Bachelard de poco objetivo al señalar lo anterior?

Para dilucidar el sentido que Bachelard dirige su epistemología revisaremos con cierto detalle dos ejemplos: la ley periódica y la sistemática de los compuestos orgánicos.

La química, al alcanzar la categoría de ciencia en el sentido actual, fue campo propicio para el desarrollo del realismo, el materialismo, la antimetafísica. "Bajo su forma elemental, en sus primeras experiencias, en el enunciado de sus descubrimientos la química es sin duda sustancialista" (3); es decir, describe y clasifica a la materia por sus propiedades más empíricas, más groseras.

Para que la química se convirtiera en racionalista, apunta Bachelard tuvieron que descubrirse suficientes elementos químicos; se tuvo que crear un pluralismo -

que exigiera un orden. "la filosofía química, que era complicada y sin continuidad con cuatro elementos, se vuelve simple y unitaria con noventa y dos!" (4). En la tabla periódica de los elementos debida a Mendeleieff, "se advierte que paulatinamente la ley domina al hecho, el orden de las sustancias se impone como una racionalidad" (5).

Así, la prueba más rotunda de que la química ha alcanzado su carácter racional se da cuando predice, antes de su descubrimiento, las propiedades de sustancias aún desconocidas. "el poder organizativo del cuadro de Mendeleieff es tal que el químico concibe la sustancia en su aspecto formal antes de captarla bajo las especies materiales" (6).

A diferencia del realismo, que coloca al objeto antes del conocimiento, el racionalismo--apoyado en una sistematización interna--construye lo que no le dan, formula lo desconocido. "un poderoso a priori guía la experiencia. Lo real no es más que realización" (7).

El otro ejemplo en donde puede establecerse la supremacía del racionalismo sobre el realismo es la química orgánica.

La cantidad de compuestos orgánicos existentes actualmente sobrepasa, en mucho, a la de los inorgánicos, aunque estos últimos involucren un mayor número de elementos que pueden combinarse entre sí.

La gran variedad de compuestos orgánicos conocidos se debe, fundamentalmente, a la capacidad del carbono para formar cadenas largas. Estas cadenas pueden presentar ramificaciones, formar ciclos, tener enlaces dobles o triples, combinarse con algunos elementos y mezclar todas las alternativas aquí mencionadas.

Así, el conocer el número relativo de átomos de, digamos, carbono, hidrógeno y oxígeno en un compuesto no es suficiente para establecer su identidad. El aspecto importante para determinar las características de un compuesto orgánico será su estructura molecular, es decir, la forma geométrica que ha tomado la molécula al formarse.

En sus inicios, la química orgánica propuso esquemas y formas geométricas - completamente hipotéticas, que "poco a poco se valorizan racionalmente, mediante su - coordinación dentro de un vasto conjunto doctrinal" (8). Las fórmulas desarrolladas se convirtieron en "verdaderas funciones noumenales". La fórmula no es solamente una re presentación convencional; mas bien se trata de una "presentación que sugiere experiencia". El químico ya no precisará andar a ciegas en el vasto campo de los compuestos orgánicos; en la fórmula desarrollada tendrá un sustituto de las sustancias. Aquella le ayudará a establecer las posibilidades de la experiencia, a guiar la experiencia misma determinando a priori qué experiencias están prohibidas. Asimismo "hay experiencias que no se habría soñado jamás en realizar sino se hubiese previsto a priori su posibilidad, confiándose en las fórmulas desarrolladas" (9). La síntesis orgánica halla aquí su fundamento, de podrá crear una nueva molécula, más compleja, con ciertas propiedades, si conjuntamos las partes sustanciales del sustituto, del noumeno - que habríamos racionalizado.

Queda establecido entonces que a través de la racionalización de la química el científico se ve en la posibilidad de crear sustancias que no existían, de ir más allá del fenómeno que los realistas toman como punto de partida.

Como un intento de rescatar la aparentemente enmarañada filosofía de Bachelard, podemos subrayar que sus esfuerzos van dirigidos a acabar con el empirismo sim plista, es decir, atribuir a la sola experimentación la génesis del experimento. Para

él, la explicación del fenómeno químico parte de y se estructura en la racionalidad del científico y, sólo entonces, se enfrenta a la realidad objetiva a través del trabajo experimental.

Así, el materialismo racional que él propone no lo hace antimaterialista; simplemente reconsidera la relación sujeto-objeto y la centra en la racionalidad de la ciencia.

5.3 LA DIALECTICA DE KAREL KOSIK

KAREL KOSIK no es un filósofo que se puede enmarcar dentro de los especialistas en las ciencias naturales. Su pensamiento pretende ser totalizador, abarcar a la realidad en forma estructurada, dando cuenta así de la esencia de los fenómenos, sean estos del tipo que sean.

En su obra no recurre a ejemplos sobre la historia de la ciencia, y sólo en contadas ocasiones lo hace con el conocimiento científico. Es por esto, que más que una revisión de su filosofía, esta parte del ensayo pretende aplicar sus conceptos a la epistemología de la química.

Además se confrontarán sus posiciones filosóficas con las de Blanche y Bachelard, tomando como base algunos de los momentos sobresalientes de la historia de la química.

Para Kosik una teoría materialista del conocimiento, como reproducción espiritual de la realidad, debe captar el doble carácter de la conciencia, que escapa tanto al positivismo como al idealismo. "La conciencia humana es 'reflejo', y, al mismo tiempo 'proyección'; registra y construye, toma nota y planifica, refleja y anticipa; es al mismo tiempo receptiva y activa" (1).

Tal teoría del conocimiento debe poner de manifiesto el carácter activo del conocimiento en todos sus niveles. El más elemental conocimiento no deriva de una percepción pasiva, sino de la actividad perceptiva. Además, y tal vez este sea el punto más sobresaliente, toda teoría del conocimiento se basa--implícita o explícitamente--en una determinada teoría de la realidad, y presupone cierta concepción de la realidad misma.

Es por lo anterior que los intentos de formular una teoría del conocimiento, por ejemplo, en las épocas del "milagro" griego y la de los iatroquímicos, deberían desembocar en situaciones diferentes: para los representantes de cada una de esas escuelas la realidad no era idéntica; el "reflejo" de la naturaleza en la conciencia humana no es el mismo para un seguidor de Platón que para uno de Paracelso.

Kosik afirma que la dialéctica debe tratar sobre la "la cosa misma". El problema del conocimiento es que la "cosa misma" no se manifiesta inmediatamente. En su encuentro inicial con la realidad el hombre no tiene la aptitud de sujeto cognoscente, aquella no es objeto de intuición, de análisis y comprensión teórica; es más bien el campo donde ejerce su actividad práctica sensible y sobre cuya base surge la intuición práctica inmediata de la realidad. En este primer encuentro el individuo "se crea sus propias representaciones de las cosas y elabora todo un sistema correlativo de conceptos con el que capta y fija el aspecto fenoménico de la realidad" (2).

Esta primera relación objeto-sujeto no genera en el hombre una real comprensión de las cosas y de la realidad; más bien sólo muestra la superficie de los procesos realmente esenciales y genera una praxis fetichizada que no coincide con la praxis crítica que debe tener todo sujeto que pretenda conocer la "cosa misma" (3). Este conjunto de fenómenos cotidianos, llamado por Kosik el mundo de la pseudoconcreción, puede caracterizar al conocimiento del hombre de la calle y al conocimiento que sobre la naturaleza se tenía en algunas etapas de la historia de la química.

Así, el mundo de la pseudoconcreción muestra la esencia y, al mismo tiempo, la oculta. La esencia se manifiesta en el fenómeno, pero sólo en algunas de sus facetas. La esencia no se da inmediatamente; es mediatizada por el fenómeno y se muestra en algo distinto de lo que es. Sin embargo, el fenómeno revela que la esencia no

es inerte y pasiva; la manifestación de la esencia es la actividad del fenómeno.

La época en que la teoría del flogisto servía como guía para la investigación química, los científicos solo conocían los cambios de la materia por sus manifestaciones fenoménicas; estas ocultaban de alguna manera la esencia del fenómeno; la notable presencia del calor en las reacciones químicas hacía casi inevitable que se considerara al fuego como una sustancia más, que debería tener masa.

La esencia y el fenómeno son inseparables. Si la esencia no se manifestara en los fenómenos toda descripción del universo sería solamente fenoménica, es decir, el estudio de los procesos se haría en forma superficial, sin que se pudiera indagar la estructura de las cosas.

Al comprender el fenómeno estamos iniciando el acceso a la esencia, no estamos en ella. En el mundo de la pseudoconcreción no hay diferencia entre fenómeno y esencia. Los diversos avances en la definición de los objetivos de la química, muestran que el fenómeno químico se entendía cada vez más en lo fenoménico. Sin embargo, el papel que jugaba el calor en, por ejemplo, una calcinación, se tomaba como algo que definía a tal cambio químico. Es decir, la manifestación fenoménica (calor) era tomada como la esencia (oxidación) del proceso.

La realidad es la unidad del fenómeno y la esencia, de dos órdenes de la realidad que, aunque diferentes, nunca se presentan aislados.

Puesto que la esencia no se manifiesta directamente, y dado que la estructura de las cosas debe ser descubierta mediante una actividad especial, es que existen las ciencias y la filosofía. Si la esencia y la apariencia fenoménica coincidieran totalmente, las ciencias y la filosofía perderían su razón de ser.

El nacimiento de la filosofía especulativa en la antigua Grecia y los esfuerzos actuales de los científicos tienen en común la búsqueda de la esencia del universo, que se "esconde" tras la apariencia fenoménica.

Este conocimiento del mundo se realiza a través de la separación del fenómeno respecto de la esencia, de lo secundario respecto de lo esencial; aunque aclara Kosík a lo secundario no se le debe tomar como algo irreal o menos real que a la esencia; lo secundario revela el carácter fenoménico de la cosa.

Así, las características que los filósofos griegos atribuyen a la materia - (seco, húmedo, caliente y frío) y las que los flogístas daban a las sustancias (posibilidad de flujo de calor en un cambio químico), han pasado a ser secundarias en el sentido en que no son suficientes para definir y explicar los procesos naturales. Pero tales características reflejan, de alguna manera, las propiedades de la materia y, por tanto, están indisolublemente conectadas con la esencia de la cosa.

Kosík plantea que la esencia no es captada directamente, que el sujeto cognoscente tiene que "dar un rodeo" para conocer las cosas y su estructura. En este rodeo se debe descomponer el todo unitario para efectuar la mencionada separación entre lo esencial y lo secundario. Además, debemos separar al fenómeno en cuestión del todo circundante. Es decir, de nuestra percepción del todo debemos diferenciar al objeto de estudio del telón de fondo que nos presenta la "realidad indeterminada".

Uno de los obstáculos que tuvieron los alquimistas en sus intentos de transmutación fue el telón de fondo formado por la religión y la magia. Nunca fueron capaces de separar, de diferenciar los fenómenos naturales de los mitos y creencias que inundaban a la Edad Media.

Para el alquimista el cambio se daría en combinación con la posición de las estrellas, las fases de la luna y un sinnúmero de operaciones que son, ahora lo sabemos, irrelevantes para las reacciones químicas.

El mundo real no es un mundo de objetos fijos que lleven una existencia propia en el sentido platónico. En el mundo real las cosas, los significados y las relaciones son considerados como productos del hombre social. "A diferencia del mundo de la pseudoconcreción, el mundo de la realidad es el mundo de la realización de la verdad; es el mundo en el que la verdad no está dada ni predestinada, ni está calcada in debilmente en la conciencia humana; es el mundo en el que la verdad deviene" (4). De esta manera, la esencia de los procesos (verdad) no es inaccesible, pero tampoco alcanzable de una vez y para siempre. Dentro de esta caracterización de la teoría del conocimiento la verdad tiene que hacerse, es decir, se desarrolla y se realiza.

La definición del concepto de elemento debida a Boyle es un claro ejemplo de lo anterior. Aristóteles y sus seguidores propusieron una caracterización a prioris de los elementos. Plantearon "su verdad" antes de confrontarla con el mundo real. La diferencia radical con la definición de Boyle radica en que, para este último, sólo serían elementos aquellos "cuerpos primitivos y simples, que no estén formados por otros cuerpos, ni puedan ser obtenidos unos de los otros", es decir, los que sometidos a la prueba experimental fueran encontrados como tales. La "verdad" de que el aire era un elemento no pudo resistir tal prueba y el conocimiento de la composición de la materia avanzó hacia la "verdad" siguiente. Boyle define a los elementos de una manera dinámica, no los enumera ni los nombra; indica el procedimiento para establecer la verdad acerca de qué es y qué no es un elemento.

Esta realización de la verdad conlleva una investigación por la cual, partiendo del todo caótico e inmediato, se llega a la determinación conceptual abstracta

y se regresa al punto de partida, pero ya no al todo incomprendido, sino al concepto del todo articulado y comprendido. Es a través de este rodeo que lo concreto se vuelve comprensible por medio de lo abstracto. El paso de lo abstracto (los conceptos) a lo concreto (la esencia del fenómeno) es, para Kosik, el método materialista del conocimiento.

En efecto, podemos decir que Lavoisier se encontró con un "todo incomprendido" cuando revisó la información empírica y la conceptualización del cambio químico que tenían los flogististas. Su teoría de la oxidación reconceptualiza al cambio químico, logrando estructurar de mejor manera los conocimientos aislados que sobre la combustión, la calcinación, la respiración, etc, se tenían hasta entonces. De esta manera, Lavoisier define en forma abstracta la manera en que suceden los procesos químicos. El siguiente paso consistió en confrontar tal abstracción con el mundo real: regresa al punto de partida pero articulando al todo.

Este paso de lo abstracto (teoría de la oxidación) a lo concreto (esencia del cambio químico) permite que la información previa se revalore y sea entendida como parte de un sistema estructurado de leyes, las cuales no incluyen la existencia del flogisto. La verdad, apunta Kosik, se desarrolla y realiza en cada tramo ganado a la pseudoconcreción.

CONCLUSIONES CAPITULO V

En esta parte, y a manera de conclusión, se compararán críticamente las posiciones de Blanche, Bachelard y Kosik.

Blanche presenta de una manera muy clara la estructura del método hipotético-deductivo y lo declara el método de la ciencia, es decir, la manera en que se genera el conocimiento en las ciencias naturales. Su planteamiento sobre la utilidad del método científico experimental no deja duda acerca de que la ciencia moderna no sería tal sin el auxilio de tan importante y trascendental sistema de trabajo.

Sin embargo, podemos encontrar en su obra que su conceptualización sobre la tarea principal del investigador es errónea o al menos parcial. Para Blanche, y en general para los seguidores del positivismo, los científicos deben traducir los fenómenos en magnitudes, transformar las cualidades en cantidades. Además, para que estas dimensiones tengan significación se deben acompañar de los procedimientos que permitan su medición. Esta manera de definir los conceptos, llamada operacionalismo, restringe las posibilidades del conocimiento del universo al exigir que se conozca, antes del establecimiento de un conocimiento, la manera en que éste será determinado.

Para todos los químicos es conocido el fenómeno de la electrólisis y seguramente lo era antes de que Faraday estableciera las leyes que relacionan la cantidad de corriente y la masa transformada. aún cuando no se conocieran las relaciones matemáticas de tal fenómeno, no se puede aducir que el conocimiento cualitativo de la electrólisis no sea científico. Recordemos que la electrólisis ayudó a establecer la identidad de varios elementos antes de que se estuviera en la etapa cuantitativa de la química.

La cuantificación, tal como lo afirma Bachelard, es sólo una etapa más dentro del desarrollo y la génesis del conocimiento. En nuestra época existen ciencias,

como la biología, que tienen grandes campos de estudio en los que no se aplica o no se ha podido aplicar la cuantificación; sin embargo son ciencias naturales en toda la extensión de la palabra.

Cuando Blanche plantea que el científico actual debe escoger entre "lo concreto y lo objetivo", está separando lo que para Kosik es inseparable: el fenómeno y la esencia. Esta posición de Blanche convierte a las manifestaciones fenoménicas de los procesos naturales en algo alejado de la estructura objetiva de la materia. El científico no debe elegir entre los diferentes niveles en que se puede estudiar al universo, para poder decidir después cuál de esos niveles es "más concreto" o "más objetivo". La objetividad de, por ejemplo, un precipitado que aparece en una reacción química y la de los enlaces formados, es la misma.

Con respecto a Bachelard, se ha llegado a clasificarlo dentro de las corrientes idealistas y, en mi opinión, se ha malinterpretado su epistemología. El supuesto idealismo de Bachelard descansa en sus afirmaciones sobre el racionalismo; para él las abstracciones (noúmenos) toman una gran concreción cuando sirven para explicar y, sobre todo, para predecir el comportamiento de la materia. Tal parece que Bachelard pone a las abstracciones (ideas) por encima de la materia, pero esto no es así.

Si tradujéramos el pensamiento bachelardiano al lenguaje de Kosik, entenderíamos la verdadera significación de sus afirmaciones: los noúmenos no son más que la esencia del fenómeno; cuando podemos representar un fenómeno natural con una teoría, una ley o un modelo teórico, es que estamos saliendo de la pseudoconcreción y empezamos a conocer la esencia de la cosa. Así como la ciencia no niega la posibilidad de conocer el mundo a través de la apariencia fenoménica, así también el uso de noúmenos no implica que dejemos de lado a la materia. En cierto sentido, en las posiciones de Kosik y Bachelard se toma lo esencial del fenómeno y se trabaja con él y, finalmente,

se regresa a la materia conociéndola más.

Sin embargo, la afirmación de que un conocimiento científico atraviesa en su desarrollo todas las doctrinas (animismo, realismo, positivismo, etc.) parece un poco aventurada. Es cierto que muchos conceptos científicos han sufrido un sinnúmero de cambios a lo largo de la historia de la ciencia; y tal es el caso de la masa, la energía, el calor, el movimiento, la vida y muchos más. Pero hay otro tipo de conceptos cuya concepción se ha efectuado dentro de una época filosófica determinada y su definición o caracterización a permanecido sin alteraciones de fondo. Algunos conceptos como los de neutrón, nivel energético, momento dipolar, paramagnetismo etc, no pasaron por las corrientes animistas o realistas. El conocimiento de la naturaleza debido a la ciencia moderna no parte de la materia informe sino de la materia estructurada, y esto impide que el conocimiento tenga como base inicial a las sensaciones fisiológicas.

Además, en la ciencia moderna no se puede afirmar que tal teoría o modelo sea fruto de una corriente filosófica determinada (positivismo o materialismo), sino que existen corrientes filosóficas que permiten la crítica de tales conocimientos desde un punto de vista epistemológico de mayor o menor alcance.

Una posición epistemológica inadecuada consistiría en negar las bondades del positivismo. Debe haber quedado claro que las proposiciones de Blanche (acerca de la utilidad y avance debidos a la medición y a la experimentación, todo esto guiado por el método hipotético-deductivo) son inatacables.

Sin embargo, la filosofía materialista va más allá que el positivismo, tomando lo bueno de éste y ampliando los cauces por los cuales se llega a conocer al mundo. Una posición materialista del conocimiento implica el reconocimiento de la objetividad del mundo exterior al hombre cognoscente, la aceptación de que la materia es infinita-

en sus manifestaciones y que el hombre social tiene la posibilidad de conocerlas.

Así, la epistemología que se deriva del pensamiento de Kosík es la que sintetiza de una manera más adecuada las posiciones de Blanche y de Bachelard. Kosík rebasa con creces la filosofía de Blanche al proponer una estructura teórica en la cual los aciertos del positivismo son un caso particular.

La filosofía de Bachelard está enmarcada dentro de las corrientes materialistas pero su revisión a través de la obra de Kosík deja entrever que en ciertos momentos se olvida de que las abstracciones (noúmenos) fueron generados por el conocimiento que un científico tiene sobre la materia. Cuando Bachelard resalta la posibilidad de estudiar a la materia por medio de sus representaciones (v. gr. fórmula desarrollada de un compuesto orgánico) parece que la materia ha pasado a un segundo plano y que los noúmenos no tienen relación con ella.

El establecimiento de las interrelaciones entre el fenómeno y la esencia permiten entender que los noúmenos de Bachelard están reflejando la existencia de una estructura del mundo que va más allá de lo fenoménico y de lo actual. Si podemos predecir la existencia de nuevas sustancias químicas es porque estamos muy cerca de la esencia del cambio químico, que estamos aprovechando los conocimientos obtenidos al haber interactuado anteriormente con los objetos de conocimiento. Es decir, el hecho de que tengamos modelos teóricos cada día mejores, es por que cada vez afinamos y comprendemos mejor la relación sujeto cognocente-objeto de estudio.

En síntesis, podemos concluir diciendo que el materialismo propuesto por Kosík abarca las posiciones de Bachelard y de Blanche, y al mismo tiempo propone un sistema totalizador que invita a los especialistas a que sea aplicado en la epistemología y la historia de la química.

CAPITULO I

- (1) FARRINGTON, BENJAMIN: Ciencia y filosoffa en la antigüedad.- Trad. de P. Marset y E. Ramos. Revisión de J.M. López P.- Ariel.- Barcelona³ 1974.-p. 13.
- (2) ibid. p. 14
- (3) ibid. p. 15
- (4) ibid. p. 16
- (5) ibid. p. 17
- (6) XIRAU, RAMON: Introducción a la historia de la filosoffa.- U.N.A.M. México, D.F.⁵ 1976.- p. 14.
- (7), (8) y (9) ibid. p. 19.
- (10) FARRINGTON, BENJAMIN: Op. cit. p. 34.
- (11) ibid. p. 35.
- (12) XIRAU, RAMON: Op. cit. p. 21.
- (13) ibid. p. 22.
- (14) ibid.p. 25 y 26.
- (15) FARRINGTON, BENJAMIN: Op. cit. p. 49.
- (16) ibid. p. 67.
- (17) ibid. p. 69.

- (18) XIRAU, RAMON: Op. cit. p. 39.
- (19) FARRINGTON, BENJAMIN: Op. cit. p. 101
- (20) Citado por XIRAU, RAMON: Op. cit. p. 42.
- (21) XIRAU, RAMON: Op. cit. p. 52.
- (22) FARRINGTON, BENJAMIN: Op. cit. p. 124.
- (23) READ, JOHN: Por la alquimia a la química.- Aguilar.- España
1960.- p. 5
- (24) SHERWOOD TAYLOR, F.: Los alquimistas.- F.C.E. (Breviarios,
No. 130) México, 1977.- p. 20.

CAPITULO II

- (1) CROMBIE, A.C.: Historia de la ciencia: De San Agustín a Galileo/1.- Trad. de José Bernia. Revisión de Luis García Ballester.- Alianza Editorial (Alianza Universidad No. 76).- Madrid,
1974. p. 122.
- (2) READ, JOHN: Op. cit. 26.
- (3) *ibid.* p. 22.
- (4) *ibid.* p. 53.
- (5) *ibid.* p. 54.
- (6) *ibid.* p. 33.

CAPITULO III

- (1) PAPP, DESIDERIO Y PRELAT, CARLOS E. Historia de los principios fundamentales de la química.- Espasa-Calpe.- Buenos Aires, 1950.- p. 52.
- (2) LOCKEMANN, GEORG: Historia de la química. Tomo I. (Desde la antigüedad hasta el descubrimiento del oxígeno).- Trad. de Ma. Teresa Toral.- U.T.E.H.A.- México, 1960.- p. 92.
- (3) PAPP Y PRELAT: Op. cit. p. 58.
- (4) ibid. p. 58.
- (5) ibid. p. 59.
- (6) READ, JOHN: Op. cit. p. 102.
- (7) ibid. p. 125.
- (8) PAPP Y PRELAT: Op. cit. p. 86 y 87.
- (9) LOCKEMANN, GEORG: Op. cit. p. 137.
- (10) Citado por PAPP Y PRELAT: Op. cit. p. 100.
- (11) PAPP Y PRELAT: Op. cit. p. 105.
- (12) ibid. p. 106.

CAPITULO IV

- (1) PAPP Y PRELAT: Op. cit. p. 120.

- (2) *ibid.* p. 121.
- (3) *ibid.* p. 129.
- (4) *ibid.* p. 130 y 131.
- (5) *ibid.* p. 176.
- (6) *ibid.* p. 182.

CAPITULO V

EL METODO EXPERIMENTAL Y LA FILOSOFIA DE LA FISICA. ROBERT BLANCHE.

- (1) BLANCHE, ROBERT: El método experimental y la filosofía de la física.- Trad. A. Ezcurdia. Revisión T. Segovia.- F.C.E. (Breviario No. 223).- México, 1975.- p. 11.
- (2) *ibid.* p. 18.
- (3) *ibid.* p. 23 y 24.
- (4) *ibid.* p. 30.
- (5) *ibid.* p. 36.
- (6) Cassirer, E.: Citado por BLANCHE, R.: *Op. cit.* p. 36.
- (7) BLANCHE, R.: *Op. cit.* p. 43.
- (8) *ibid.* p. 47.
- (9) *ibid.* p. 49.

EL RACIONALISMO DE GASTON BACHELARD.

- (1) BACHELARD, GASTON: La filosofía del no. (Ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico).- Trad. Noemí Fiorito de L.- Amorrotu Editores.- Buenos Aires, 1978.- p. 9.
- (2) ibid. p. 10.
- (3) ibid. p. 45.
- (4) ibid. p. 49.
- (5) ibid. p. 49 (subrayado en el original).
- (6) ibid. p. 49.
- (7) ibid. p. 50.
- (8) y (9) ibid. p. 51.

LA DIALECTICA DE KAREL KOSIK

- (1) KOSIK, KAREL: Dialéctica de lo concreto (Estudio sobre los problemas del hombre y el mundo).- Trad. y prólogo de A. Sánchez Vázquez.- Grijalbo.- México, 2 1976.- p. 45.
- (2) ibid. p. 25.
- (3) ibid. p. 27.
- (4) ibid. p. 36.

1.- Tratar de definir a la filosofía no es tarea fácil. Tal definición ha variado de época en época, por lo que daré un conjunto de definiciones que intentan establecer una idea general de su campo de estudio.

I.- La filosofía es un afán de saber libre y desinteresado. Pitágoras.

II.- La filosofía es un preguntar por los principios ordenadores del cosmos. Presocráticos.

III.- La filosofía es el estudio de la sabiduría, tanto para conducir la vida como para la conservación de la salud y la invención de todas las artes. Descartes.

IV.- La filosofía es una ciencia crítica que se pregunta por el alcance del conocimiento humano. Kant.

(Para una mayor discusión véase: ZEA, LEOPOLDO: Introducción a la filosofía.- U.N.A.M.- México, 1977.- p. 7-12).

2.- a) La ley de la caída de los cuerpos:

$$X = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

Sólo se aplica en distancias cercanas a la superficie de la tierra y cuando la caída se efectúa en un medio que no oponga resistencia al movimiento.

b) La gran mayoría de las leyes de la química analítica sólo se cumplen para soluciones diluidas (menos de 0.01 moles de soluto por litro de solución, $10^{-2}M$).

c) La ley general del estado gaseoso ($PV = nRT$) tiene como ámbito de aplicación la zona de presiones bajas.

- 3.- La elección de la tierra, el agua, el aire y el fuego como elementos, representa el conocimiento que se tenía acerca de los estados de agregación de la materia: sólido, líquido y vapor. La inclusión del fuego entre los elementos se debe a que éste no se consideraba como un gas incandescente, sino como otro constituyente de la materia.
- 4.- La diferencia fundamental entre las posiciones de Parménides y Empédocles radica en la proposición de un mundo continuo para el primero y de uno discontinuo para el segundo. En nuestra época ya no es aceptable que, por ejemplo, la radiación de energía por un átomo excitado sea un fenómeno de carácter continuo: la existencia de los cuanta de energía hicieron que tal fenómeno se considere actualmente como discontinuo.
- 5.- Si los planteamientos hechos por Platón trataran de ser usados por los científicos contemporáneos, la investigación empírica, es decir, el trabajo experimental, perdería su razón de ser. La única actividad de los científicos sería el recordar los conocimientos que se encuentran en algún lugar de su mente. Por ejemplo, el trabajo de Boyle acerca de las propiedades de los gases no hubiera requerido que se realizaran mediciones de presión, volumen y temperatura; hubiera sido suficiente que Boyle recordara que, a temperatura constante, $pV = K$. No debe pasarse por alto que aún el trabajo teórico se genera y se valida en el trabajo experimental.
- 6.- En la filosofía aristotélica las cualidades tenían existencia independiente de la materia; sólo cuando se unían dos cualidades se originaba un elemento. De esta manera, puede decirse que los elementos eran secundarios con respecto a las cualidades. En la química moderna el tipo de elementos, su número y la forma en que se encuentran estructurados en las moléculas, es lo que define las cualidades (propiedades) de la materia.

7.- El razonamiento deductivo es aquel que va de lo general a lo particular, que obtiene, a partir de principios o premisas generales, una conclusión, una consecuencia.

8.- Si la arena de mar es un elemento, entonces no debe estar constituida por sustancias más simples. En cambio, si es una mezcla de elementos o sustancias debe ser posible separarla en sus componentes.

Si colocamos la arena en un vaso con agua destilada, agitamos la mezcla y filtramos con papel filtro podremos hacer dos observaciones:

- a) El agua filtrada obtiene un sabor salado.
- b) Ha disminuido la masa de la arena que ahora se encuentra en el papel filtro.

Estas dos observaciones nos indican que la arena tenía un constituyente más simple: cloruro de sodio (sal común). Por otro lado, la observación cuidadosa de los granos de arena nos permite reconocer varios tipos de partículas. Esta heterogeneidad de la arena es incompatible con la noción de elemento. En un elemento todas las partículas son iguales entre sí.

9.- La ley de la gravitación universal establece que dos objetos cualesquiera en el universo son atraídos mutuamente por una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias. La expresión matemática de la ley es la siguiente:

$$F = k \frac{m m'}{r^2}$$

Si la ley de gravitación es aplicable a cualquier sustancia y si estas tienen masa, entonces todas las sustancias (incluido el hipotético flogisto) tendrán que sufrir la atracción de la tierra. esto implica que siempre existirá una fuerza de atracción que podrá detectarse con una balanza. Así, no pueden haber sustancias o cuerpos con

peso cero o peso negativo, pues la fuerza de gravitación entre dos cuerpos con masa siempre es de atracción.

- 10.- Por hipótesis se entiende, en el más amplio sentido, cualquier proposición, supues to o predicción que se basa, bien en los conocimientos ya existentes, o bien en he chos nuevos y reales, o también como sucede con mayor frecuencia en unos y otros. Las hipótesis se formulan para explicar los hechos ya conocidos y pronosticar los desconocidos.

(Un tratamiento más amplio sobre las hipótesis se puede encontrar en:

Metodología del conocimiento científico.- Academia de Ciencias de Cuba y Academia de Ciencias de la URSS. Presencia Latinoamericana S.A.- México, D.F. 1981.- p. 274 279).

- 11.- Ley de proporciones constantes: En un compuesto dado, los elementos constituyentes se encuentran siempre combinados en las mismas proporciones en peso, sin importar el origen o manera de preparación del compuesto.

- 12.- La Ley de Gay Lussac sobre los gases ideales determina la relación entre el volu men que ocupa un gas, a presión constante, y su temperatura. Esta ley establece que cuando la presión del gas se mantiene fija, el volumen aumentará linealmente con la temperatura:

$$V = K T \quad \text{cuando } P = \text{cte.}$$

- 13.- Hasta ahora se conocían muchos elementos, los compuestos que formaban y las propie dades de estos últimos. Sin embargo, no se podían predecir las propiedades de los compuestos desconocidos que el hombre podría sintetizar. Estas predicciones, uno de los objetivos del trabajo científico, no podrían realizarse si no se sistemati

zaba la información que se tenía, es decir, si no se formulaba una ley que relacionara los hechos hasta entonces aislados. Un paso inicial lo constituía la investigación del "orden" entre los elementos conocidos.

14 .- Actualmente el concepto de valencia hace referencia al número de enlaces que se pueden formar entre dos o más elementos. En la época a la que se refiere el texto no se había establecido la idea de unión química.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BACHELARD, GASTON: La filosofía del no. (Ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico).- Trad. Noemí Fiorito de L.- Amorrortu Editores .- Buenos Aires, 1978.
- 2.- BLANCHE, ROBERT: El método experimental y la filosofía de la física.- Trad. A. Ezcurdia. Revisión T. Segovia.- F.C.E. (Breviario No. 223).- México, 1975.
- 3.- CROMBIE, A.C.: Historia de la ciencia: De San Agustín a Galileo/I. Trad. de José Bernia. Revisión de Luis García Ballester.- Alianza Editorial (Alianza Universidad No. 76).- Madrid, 1974.
- 4.- FARRINGTON, BENJAMIN: Ciencia y filosofía en la antigüedad. Trad. de P. Marset y E. Ramos. Revisión de J. M. López P.- Ariel.- Barcelona, 1974.
- 5.- KOSIK, KAREL: Dialéctica de lo concreto (Estudio sobre los problemas del hombre y el mundo).- Trad. y prólogo de A. Sánchez Vázquez.- Grijalbo.- México, 1976.
- 6.- LOCKEMANN, GEORG: Historia de la química. Tomo I. (Desde la antigüedad hasta el descubrimiento del oxígeno).- Trad. de Ma. Teresa Toral.- U.T.E.H.A.- México, 1960.
- 7.- Metodología del conocimiento científico.- Academia de Ciencias de Cuba. Academia de Ciencias de la URSS. Presencia Latinoamericana, S.A.- México, 1981.

- 8.- PAPP, DESIDERIO Y PRELAT, CARLOS E.: Historia de los principios fundamentales de la química.- Espasa-Calpe.- Buenos Aires, 1950.
- 9.- READ, JOHN: Por la alquimia a la química.- Aguilar.- España, 1960.
- 10.- SHERWOOD TAYLOR, F.: Los alquimistas.- F.C.E. (Breviarios, No. 130).- México, 1977.
- 11.- XIRAU, RAMON: Introducción a la historia de la filosofía.- U.N.A.M.- México, 1976.
- 12.- ZEA, LEOPOLDO: Introducción a la filosofía.- U.N.A.M.- México, 1977.

INDICE ONOMASTICO

A

Anaxágoras, 14
Anaximandro, 7
Anaxímenes, 9
Aristóteles, 22, 29, 33, 42, 45, 63, 86, 87, 102
Avogadro de Quaregna, A., 73

B

Bacon, F., 48
Becher, J.J., 52
Beguyer de Chancourtois, A.E., 78
Berthollet, C.L., 68
Berzelius, J.J., 74
Black, J., 53, 56, 64
Boe Sylvius, F. de la, 48
Boyle, R., 46, 49, 60, 64, 102

C

Cannizzaro, E., 76
Cavendish, E., 54, 61, 62
Cicerón, M.T., 17
Copérnico, N., 45

D

Dalton, J., 68, 73.

Davy, Sir H., 76
Demócrito, 16, 29, 58
Descartes, R., 48
Döbereiner, J.W., 77
Dulong, L., 74
Dumas, J.B., 76

E

Empédocles, 14, 16

G

Galileo Galilei, 45, 48
Gay Lussac, J.L., 72

H

Hales, E., 53
Heráclito, 9, 13, 29
Hermes Trimegistos, 34, 37
Hooke, R., 50

L

Lavoisier, A.L., 58, 64, 81, 103
Leucipo, 15
Lothar Meyer, J., 78

M

Mayow, J., 51
Mendeleiev, D.I., 79, 94
Mitscherlich, E., 74

N

Newlands, J.A.R., 78
Newton, I., 45

P

Paracelso, 45, 52, 63, 99
Parménides, 12, 28, 29
Petit, A.T., 74
Pitágoras, 4, 10
Platón, 17, 18, 19, 22, 23, 89, 99
Priestley, J., 56, 60, 62
Proust, J.L., 67, 81
Prout, G., 77

R

Richter, J.B., 67
Ripley, G., 36

S

Scheele, C.W., 57
Sócrates, 17, 19
Stahl, J.E., 52

T

Tachenius, O., 48

Tales, 7, 28, 47, 83

V

Van Helmont, J.B., 47, 53, 59, 64

Volta, A., 75

I N D I C E

	Página
Introducción.....	I
Capítulo I. La ciencia en la Antigua Grecia.....	1
Conclusiones del Capítulo I.....	27
Capítulo II. La Alquimia.....	31
Conclusiones del Capítulo II.....	42
Capítulo III. De la Iatroquímica a Lavoisier.....	45
Conclusiones del Capítulo III.....	63
Capítulo IV. La Química Moderna.....	67
Conclusiones del Capítulo IV.....	81
Capítulo V. La Epistemología de la Química El Positivismo y la Dialéctica.....	85
Conclusiones del Capítulo V.....	104
Notas.....	108
Anexo 1.....	113
Bibliografía.....	118
Índice Onomástico.....	120