

# Química

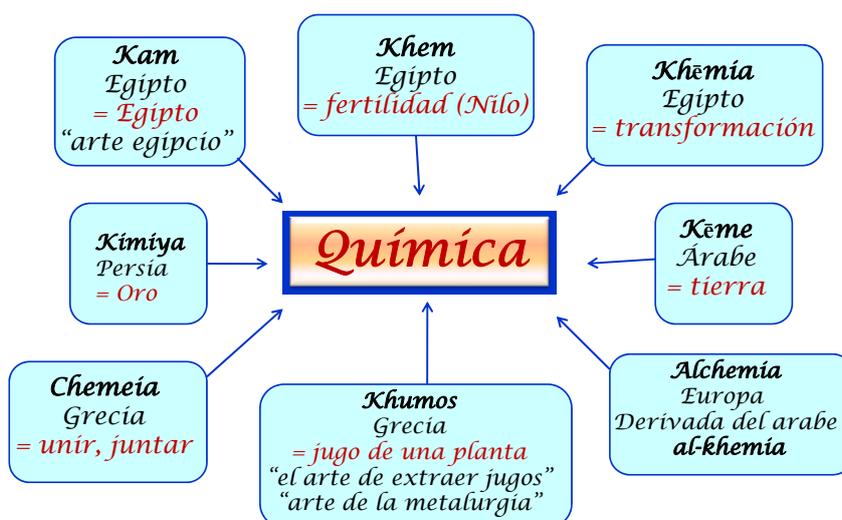
Ciencia que estudia la  
composición, estructura,  
propiedades y transformaciones  
de las sustancias



1

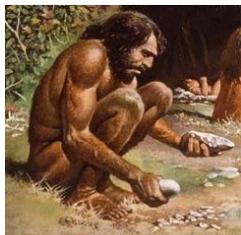


## Etimología:



2

## Un poco de historia:



Los primeros hombres que empezaron a utilizar instrumentos se servían de la naturaleza tal y como la encontraban:  
**palos, rocas, hojas, ....**

Aunque con el tiempo aprendieron a modificar sus formas para mejorar su utilidad...

Afilando,  
rompiendo,  
uniendo...



La naturaleza de estos materiales no era modificada por ellos

3

Sin embargo la naturaleza sí que cambiaba la naturaleza de las cosas...



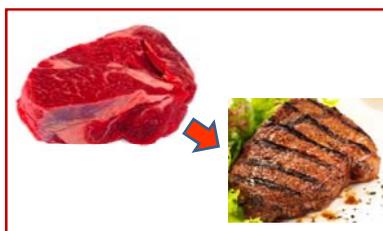
4

Química



### *“Descubrimiento del fuego”*

*El hombre es capaz de producir y mantener el fuego a voluntad*



**HOMBRE** → *Químico práctico o empírico*

5

Química

### *Metales*

*Probablemente un descubrimiento fortuito, en forma de pepitas*



*Oro  
(Au)*

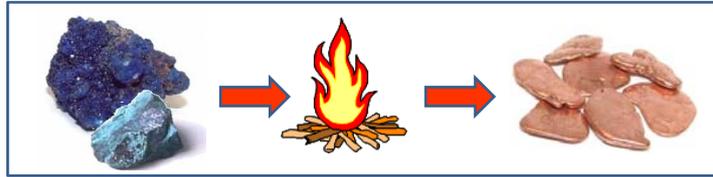


*Cobre  
(Cu)*

6

Química

Otro descubrimiento fortuito,  
producción de **cobre** metálico:



~ 5000-4000 a.C.

Esto hizo que el **cobre** fuera suficientemente abundante para utilizarlo en la fabricación de herramientas y utensilios



7

Química

**Bronce** ~ 3000 a.C.

Más duro que el cobre

Al calentar juntos minerales de cobre (Cu) y estaño (Sn)  
El Bronce es una **aleación** (mezcla sólida homogénea de dos o más metales)

Hacia el año 2000 a.C. el bronce ya era suficientemente común y era utilizado en la fabricación de armas y corazas



*Un ejército sin armas de bronce estaba perdido!*  
Los forjadores de la época gozaban de un prestigio similar al de nuestros físicos nucleares

8

Química

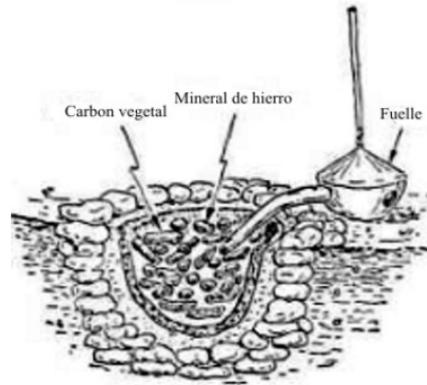
Hierro ~ 1500 a.C.

Más duro que el bronce

*El hierro se encuentra en sus minerales más fuertemente unido que el cobre*

*Por esto el fuego de leña no basta para fundirlo*

*Es necesario utilizar carbón vegetal que da un fuego más intenso (mayor temperatura) y buena ventilación*



Secreto de fundición:

Hititas, Asia central

Zona montañosa rica en hierro

9

Química

*Si bien el hierro puro no es demasiado duro la aleación formada al unirse con suficiente carbón vegetal sí lo es*

*A esta aleación la conocemos hoy como **acero**.*

*Un ejército protegido y armado con este “**hierro duro**” tenía muchas posibilidades de vencer a otro que usara bronce.*

*En la misma época ya las artes químicas habían alcanzado un desarrollo notable particularmente en Egipto donde los sacerdotes habían logrado grandes avances en los procesos de embalsamado y conservación del cuerpo después de la muerte*



*Lo que hoy conocemos como Química era aún un arte empírico y todavía no una ciencia*

10

## Teoría de la Química

Hasta aquí hemos visto el progreso de la humanidad en la parte práctica de la Química: *¿Cómo?*

¿y el *qué* y el *por qué*?

**Tales de Mileto** (~640-546 a.C)

Probablemente el primer teórico de la Química

Si una piedra azul puede transformarse en un metal rojo...

¿cuál es la naturaleza de esta sustancia?

¿es de piedra o es de cobre?

¿puede ser ambas cosas a la vez?

¿puede cualquier sustancia transformarse en otra siguiendo determinados pasos?

Y si es así ...

¿quiere esto decir que todas las sustancias no son sino diferentes formas de la misma materia?



11

¿Cuál era entonces esa materia básica?

Tales de Mileto (~640-546 a.C): *agua*

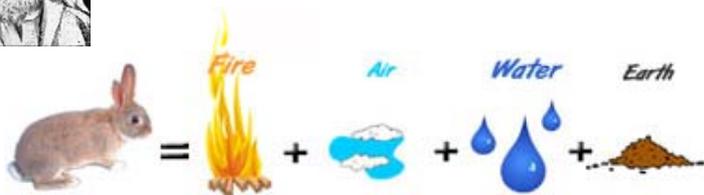
Anaxímenes (~585-524 a.C): *aire*

Heráclito (~540-475 a.C): *fuego*

**Filósofos**



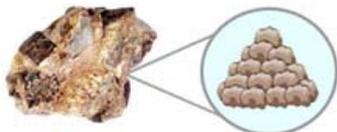
Empedócles (~490-430 a.C): *tierra*



## Química

**Demócrito** (~470-380 a.C):

Toda la materia está constituida por partículas indivisibles pertenecientes a un número finito de clases diferentes: **átomos**



Átomos = indivisible  
eternos  
indestructibles  
característicos de cada materia



"By convention there is color, by convention sweetness, by convention bitterness, but in reality there are atoms and space."

-Democritus

13

Además supuso que los átomos de cada elemento eran diferentes en tamaño y forma, y que eran estas diferencias las que conferían a los elementos sus distintas propiedades.

Todo esto sin experimentación, sólo razonamiento de "primeros principios" (Filósofos) **Teoría atomista**

13

## Química

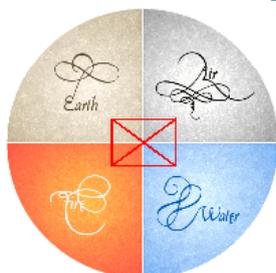
**Aristóteles** (~384-322 a.C)

La idea de una partícula de materia no divisible en otras menores resultaba ilógica, y no la aceptó.

Tampoco Platón (~428-347 a. de C.)

Aceptó la idea de los cuatro elementos de Empedócles  
Los concibió como combinaciones de dos pares de propiedades opuestas:

**frío y calor**    **humedad y sequedad**



Las propiedades opuestas no podían combinarse entre sí:

**calor** + **sequedad** = fuego

**calor** + **humedad** = aire

**frío** + **sequedad** = tierra

**frío** + **humedad** = agua

14

**Aristóteles** (~384-322 a.C)

*Afirmó que cada elemento tiene una serie de propiedades específicas que le son innatas. Por ejemplo la tierra cae y el fuego se eleva.*

*Sin embargo, los cuerpos celestes presentaban características que parecían diferentes de las de las sustancias de la Tierra. En lugar de elevarse o caer, estos cuerpos daban la impresión de girar en círculos inalterables alrededor de la Tierra.*

*Entonces supuso que los cielos deberían estar formados por un quinto elemento, que llamó «éter»*

*Como los cielos no parecían cambiar nunca, Aristóteles consideró al éter como perfecto, eterno e incorruptible, lo que lo hacía muy distinto de los cuatro elementos imperfectos de la tierra.*

***Aristóteles fue el más influyente de los filósofos griegos***

***La teoría atomista quedó en el olvido***

***~2000 años !!!***

15

**Teoría atomista**

Seguidores a pesar de todo:

**Epícuro** (~342-270 a. de C.)

**Tito Lucrecio Caro** (~95-55 a. de C)

*Expuso la teoría atomista de Demócrito y Epícuro en un largo poema titulado De Rerum Natura («Sobre la naturaleza de las cosas»). Muchos lo consideran el mejor poema didáctico jamás escrito.*

*Mientras que los trabajos de Demócrito y Epícuro perecieron, quedando*

*apenas unas pocas citas sueltas, el poema de Lucrecio sobrevivió íntegro, preservando los hallazgos del atomismo hasta nuestros días*

16

**Más contratiempos...**

En la época de Aristóteles...

Alejandro Magno de Macedonia conquista el Imperio Persa.

Ptolomeo, uno de los generales de Alejandro, establece reino en Egipto (capital Alejandría) Ptolomeo y su hijo construyen un templo a las Musas (el «Museo») que cumplía el mismo fin de lo que hoy llamaríamos un Instituto de Investigación y una Universidad. Junto a él construyeron la mayor biblioteca de la antigüedad.

La maestría egipcia en la química aplicada se unió y fundió con la teoría griega.

En Egipto el saber químico estaba íntimamente ligado con el embalsamado de los muertos y el ritual religioso.

El pueblo recelaba de quienes lo practicaban, considerándolos adeptos de artes negras (magos, brujos y hechiceros).

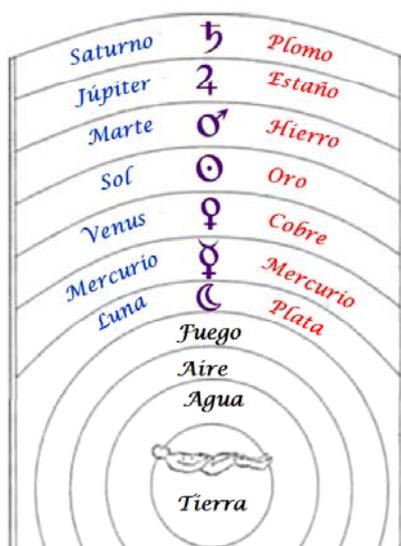
Este recelo o miedo popular impulsó a los practicantes de la *khemeia* a redactar sus escritos **mediante simbolismos oscuros y misteriosos**.

17

*Había siete cuerpos celestes considerados «planetas»*

*y también eran siete los metales conocidos:*

*De modo que se empezó a utilizar una **simbología** común:*



*Esta oscuridad deliberada hizo que:*

*-Se retardara el progreso, unos ignoraban lo que hacían otros  
(no podían aprender de sus logros ni de sus errores)*

*-Aparecieran charlatanes y engañadores, que usando la oscuridad del lenguaje se presentaban a sí mismos como trabajadores serios.  
(No podía distinguirse al embaucador del estudioso)*

18

## Química

El primer practicante de la *khemeia* greco-egipcia que conocemos por su nombre fue **Bolos de Mendes** (~200 a. de C) Pseudónimo Demócrito, por lo que se le conoce como «**Bolos-Demócrito**» o como «**seudo-Demócrito**».

Se dedicó a lo que se había convertido en **uno de los grandes problemas de la khemeia: el cambio de un metal en otro y, particularmente, de plomo o hierro en oro (transmutación).**

Si la teoría de los cuatro elementos era cierta, eso quería decir que éstos podrían mezclarse entre sí para dar cualquier otra cosa.

Si el agua se convertía en aire al evaporarse, y retornaba a la forma de agua cuando llovía. Si la leña, al calentarla, se transformaba en fuego y vapor (una forma de aire), y así sucesivamente. **¿Por qué, entonces, considerar otros cambios como imposibles?** Probablemente todo era cosa de dar con la técnica apropiada. Una piedra rojiza podía convertirse en hierro gris a través de un procedimiento que aún no se había descubierto en tiempo de Aquiles, quien tuvo que usar armas de bronce.

**¿Qué razón había entonces para que el hierro gris no pudiera convertirse en oro amarillo mediante alguna técnica aún no descubierta?**

19

## Química

**A través de los siglos (usando esta lógica) muchos químicos se esforzaron honradamente en hallar el medio de producir oro.**

*Aunque Bolos en sus escritos da aparentemente detalles o técnicas para la obtención del oro, no podemos realmente considerarlo un fraude.*

*Es posible alear cobre y cinc, por ejemplo, y obtener **latón**, que tiene un tono amarillo parecido al del oro, y es bastante probable que para los antiguos artesanos la preparación de un metal dorado fuese lo mismo que la preparación de oro.*

Oro



Latón



*Durante la dominación romana el arte de la khemeia entró en declive, junto con la decadencia general del conocimiento griego.*

*Después del año 100 d. C. es prácticamente imposible encontrar ninguna aportación nueva y se asiste al surgimiento de una tendencia a volver cada vez más a las interpretaciones místicas de los primeros pensadores.*

20

## Química

*La muerte final sobrevino a causa del miedo.*

*El emperador romano Diocleciano temía que la *khemeia* permitiera fabricar con éxito oro barato y hundir la tambaleante economía del imperio.*

*Se ordenó destruir todos los tratados sobre *khemeia*, lo que explica el escaso número de ellos que han llegado hasta nosotros.*

*Otra razón es que, con el nacimiento de la Cristiandad, el «pensamiento pagano» cayó en desgracia. El museo y la biblioteca de Alejandría resultaron gravemente dañados a causa de los motines cristianos ocurridos a partir del año 400 d. C.*

*El arte de la *khemeia*, por su estrecha relación con la religión del antiguo Egipto, se hizo particularmente sospechoso, convirtiéndose prácticamente en clandestino.*

21

## Química

### *Retomando el camino...*

*En el siglo VII los árabes entran en escena.*

*Hasta entonces habían permanecido aislados en su península desértica, pero ahora, se extienden en todas direcciones.*

*Conquistan extensos territorios del oeste de Asia y norte de África.*

*En el 641 d. C. invaden **Egipto** y ocupan todo el país.*

*Luego ocupan **Persia**, donde encuentran los restos de la tradición científica griega con la que quedan fascinados.*

*Esta admiración también surge de un combate en el que sitiaron y fueron derrotados por el «fuego griego» (una mezcla química que ardía con gran desprendimiento de calor sin poder apagarse con agua) que destruyó los barcos de madera de la flota árabe.*

*Según la tradición la mezcla fue preparada por **Callinicus**, un practicante de *khemeia* que había huido de su Egipto natal (o quizás de Siria) ante la llegada de los árabes.*

22

## Química

*Entre los años 300 y 1100 d. C. la historia de la química en Europa es prácticamente un vacío.*

*Después del 650 d. C. el mantenimiento y la extensión de la alquimia greco-egipcia*

*estuvo totalmente en manos de los árabes, situación que perduró durante cinco siglos.*

*Quedan restos de este período en los términos químicos derivados del árabe:*

*alambique,  
álcali,  
alcohol,  
nafta, etc.*



*alambique*

23

## Química

### *La alquimia árabe*

*Jabir ibn-Hayyan (~760-815 d. C), conocido en Europa siglos después como Geber*

*Describió el **cloruro de amonio** y enseñó cómo preparar **carbonato de plomo**.*



*Destiló vinagre para obtener ácido **acético fuerte**, el ácido más corrosivo conocido por los antiguos.*

*Preparó incluso **ácido nítrico débil** que, al menos en potencia, era mucho más corrosivo.*

*Creía que los diversos metales estaban formados por mezclas de mercurio y azufre, y solamente restaba hallar alguna **sustancia que facilitase la mezcla** de mercurio y azufre en la proporción necesaria para formar oro.*

*A esta sustancia le llamaron **al-iksír**, y en Europa se convirtió finalmente en **elixir** y luego fue comunmente conocida como **pedra filosofal**.*

24

## Alquimia

Se desarrolló según dos vías paralelas principales:

### *Mineral*

(transmutación)

Fabricación de oro a partir de otras sustancias

### *Médica*

(panacea)

Curar de todas las enfermedades,  
Prolongar indefinidamente la vida

25

## Europa :

La ciencia árabe declinó rápidamente y el liderazgo científico pasó a Europa (Cruzadas).

Se tradujeron los documentos de contenido científico del árabe y el griego al latín para que pudiesen utilizarlos los estudiosos europeos.

Así, pues, a partir de ~1200 pudieron asimilar los hallazgos alquimistas del pasado e intentar avanzar con ellos.

El primer alquimista europeo importante fue **Alberto de Bollstadt** (~1200-80), más conocido como **Alberto Magno**.

Describió el **arsénico** con tanta claridad que se le considera como el descubridor de esta sustancia.



26

## Química

Un contemporáneo de Alberto Magno fue el monje inglés **Roger Bacon** (1214-92)

Creía firmemente en que en la **experimentación** y en la aplicación de técnicas **matemáticas** a la ciencia residiría la principal esperanza de progreso.



Tenía razón, pero el mundo no estaba todavía en condiciones de aceptarlo.

Intentó escribir una *enciclopedia universal del saber*, y en sus escritos se encuentra la primera descripción de la **pólvora negra**, por lo que se le considera a veces como su descubridor, aunque el verdadero descubridor es desconocido.

27

## Química

El más importante de los alquimistas medievales no se conoce por su nombre (Pseudónimo: Geber). Nada se sabe de este «falso Geber» excepto que fue probablemente español y que escribió alrededor de 1300.

Fue el primero en describir el **ácido sulfúrico**.

Describió la formación de **ácido nítrico fuerte**

**El descubrimiento de los ácidos minerales fuertes fue el adelanto más importante después de la afortunada obtención del hierro a partir de su mena unos tres mil años antes.**

Los europeos lograron llevar a cabo muchas reacciones químicas y disolver numerosas sustancias con ayuda de los ácidos minerales fuertes, cosa que no podían conseguir los griegos ni los árabes con el vinagre, el ácido más fuerte de que disponían.

28

## Química

Los ácidos minerales eran mucho más importantes para el bienestar de la humanidad que el oro.

Sin embargo los ácidos minerales no causaron gran impresión, mientras que el oro siguió buscándose ávidamente.

Así que después de un prometedor comienzo, **la alquimia empezó a degenerar por tercera vez**, como había ocurrido primero entre los griegos y después entre los árabes.

La caza del oro se convirtió en dominio casi absoluto de charlatanes, aunque los grandes eruditos (Boyle y Newton entre ellos) no pudieron resistirse a dedicar a ello sus conocimientos.

Una vez más, **el estudio de la química fue prohibido**, más por miedo al éxito en la obtención de oro que por indignación ante la charlatanería.

**Los alquimistas honrados se vieron obligados a trabajar a escondidas y se volvieron más oscuros que antes.**

29

### Retomando el camino Fin de la Alquimia

## Química

**Georg Bauer** (1494-1555, alemán,  
**Agricola**)

Su libro **De Re Metallica** («Sobre la Metalurgia»), publicado en 1556, reúne todos los conocimientos prácticos que podían recogerse entre los mineros de la época.

Escrito en un estilo claro y con excelentes ilustraciones de maquinaria para la minería, se popularizó rápidamente y hoy día aún permanece como un notable clásico de la ciencia.

Se considera el trabajo más importante sobre tecnología química anterior a 1700, estableció la mineralogía como ciencia.



30

## Química

*Bombastus von Hohenheimm*  
(1493-1591, suizo, **Paracelso**)

Sostenía que el **objetivo de la alquimia** no era el descubrimiento de técnicas de transmutación, sino la **preparación de medicamentos que curasen enfermedades**.

Aunque lo más usado para esto eran las preparaciones con plantas, él estaba convencido de la eficacia de los **minerales como fármacos**.

Fue un alquimista de la vieja escuela, a pesar de su insistencia en contra de la transmutación.

Aceptó los cuatro elementos de los griegos y los tres principios (mercurio, azufre y sal) de los árabes.

Buscó incesantemente la **pedra filosofal** en su función de **elixir de la vida**, e incluso insistió en que la había encontrado.

Obtuvo el metal **cinc** y con frecuencia se le considera su descubridor.



31

## Química

*Andreas Libau* (1540-1616, alemán, **Libavius**)

Publicó "**Alquimia**" en **1597**. Resumiendo los logros medievales.

Se considera el **primer texto de química** de nombre conocido, escrito con claridad y sin misticismo.

Estaba de acuerdo con Paracelso en que **la función principal de la alquimia era la de auxiliar de la medicina**. Aunque creía que la transmutación era posible.

Fue el primero en describir la preparación de: **ácido clorhídrico**, **tetracloruro de estaño**, **sulfato amónico** y **agua regia** (mezcla de  $\text{HNO}_3$  y  $\text{HCl}$ ).

Sugirió que **las sustancias minerales pueden reconocerse por la forma que adoptan sus cristales**.



32

## Química

**Johann Tholde** (1565 - 1614, alemán)

Publicó un texto más especializado “*La carroza triunfal del antimonio*” en 1604, que trata sobre los usos médicos de este metal y sus derivados.



**Johann Rudolph Glauber** (1604-68, alemán)

Descubrió un método para preparar ácido clorhídrico por medio de la acción del ácido sulfúrico sobre la sal común.

En el proceso obtuvo un residuo, el *sulfato sódico*, que actualmente se sigue llamando «*sal de Glauber*» y advirtió su actividad laxante.

La llamó «*sal mirabile*» («*sal maravillosa*») y la consideró como un curalotodo.



33

## Química

**Durante el siglo XVII la Alquimia entró en franca decadencia**  
**En el XVIII se transformó en lo hoy llamamos Química**

**Jean Baptiste Van Helmont**  
 (1577-1644)

Pionero aplicando mediciones a problemas de *Química y Biología*

Cultivó un árbol en una cantidad medida de tierra, añadiendo agua periódicamente y pesándolo con cuidado a medida que crecía. Esperando descubrir el origen de los tejidos vivientes formados por el árbol.



34

## Química

*Antes de Van Helmont el único vapor conocido era el aire.*

*Si bien los alquimistas habían obtenido con frecuencia «aires» y «vapores» en sus experimentos, éstos eran sustancias escurridizas, difíciles de estudiar y observar y fáciles de ignorar.*



*Van Helmont fue el primero en estudiar los vapores que él mismo producía.*

*Observó que se parecían al aire en su apariencia física, pero no en todas sus propiedades.*

*Obtuvo vapores de la madera al arder a los que llamó «gas silvestre» o «gas de madera». Actualmente lo llamamos **dióxido de carbono**.*

*Consideró que estas sustancias parecidas al aire, sin volumen ni forma determinados, eran algo semejante al «chaos» griego. Por lo que aplicó a los vapores el nombre de «chaos», que pronunciado con la fonética flamenca se convierte en gas.*

*Este término se aplica todavía a las sustancias parecidas al aire.*

35

## Química

***El estudio de los gases, la forma más sencilla de materia, fue el primero que se prestó a las técnicas de medición precisa: sirvió de camino al mundo de la química moderna.***

**Evangelista Torricelli** (1608-47, italiano)

***El aire tiene peso, y por tanto ejerce presión.***

*Demostró que el aire podía sostener una columna de mercurio de setenta centímetros de altura y con ello inventó el **barómetro**.*

***Tiene que ser algo físico aunque no se pueda oler, ver o tocar !***



***Los gases perdieron su misterio.***

***Eran materiales como los líquidos y los sólidos, sólo que con menor densidad.***

36

## Química

**Otto von Guericke** (1602-86, alemán)

*Demostro la presión ejercida por el peso de la atmósfera.*



*En 1654, preparó dos semiesferas de metal que encajaban mediante un reborde engrasado.*

*Después de unir las dos semiesferas y extraer el aire que contenían mediante una bomba, la presión del aire exterior mantenía las semiesferas unidas.*

*Yuntas de caballos unidas a cada una de las dos semiesferas y fustigadas para que tirasen lo más posible en direcciones opuestas, no lograron separar las semiesferas.*

*Sin embargo, en cuanto se permitió que el aire volviese a penetrar en las semiesferas, pudieron separarlas.*



37

## Química

**Robert Boyle** (1627-91, irlandés),

*Diseñó una bomba de aire más perfeccionada que la de Guericke. En vez de extraer el aire de un recipiente probó el procedimiento opuesto de comprimirlo.*

*Halló que el volumen de una muestra de aire variaba con la presión según una proporción inversa simple. Si se aumentaba la presión al el volumen del aire se reducía a la mitad. Si la presión se triplicaba, el volumen se reducía a un tercio. Por otra parte, si se reducía la presión el aire se expandía.*

*Esta relación se publicó por vez primera en 1622, y todavía nos referimos a ella como la ley de Boyle.*



38

## Química

Boyle no especificó que la temperatura debe mantenerse constante para que dicha ley sea válida.

**Edme Mariotte** (1630-1684, francés)

Descubrió independientemente la ley de Boyle hacia el año **1680**,

Especificó que la temperatura debe mantenerse constante.

Por esta razón, en la Europa continental se alude con frecuencia a la ley de Boyle como la ley de Mariotte.



**Con el mejor conocimiento de los gases renace el atomismo de Demócrito**

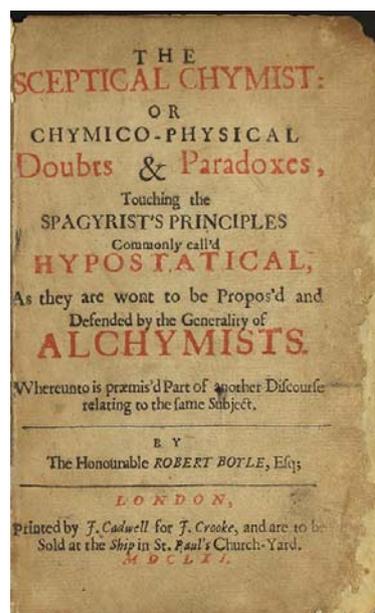
39

## Química

Los estudios de Boyle marcan el final de los términos «alquimia» y «alquimista».

Boyle suprimió la primera sílaba del término en su libro **El Químico Escéptico**, publicado en 1661.

Desde entonces, la ciencia fue la **Química**, y los que trabajaban en este campo eran los químicos.



40

### El Químico Escéptico

«escéptico» porque ya *no aceptaba ciegamente*.

Boyle estaba en contra de identificar los elementos del universo por medio de meros razonamientos.

En lugar de ello, definía los elementos de una forma real, práctica, experimental.

Un elemento era una de las sustancias simples primarias de las cuales se componía el universo. Por *tanto cualquier supuesto elemento debería ser examinado para ver si era realmente simple*. Si podía descomponerse en sustancias más simples, no se trataba de un elemento.

Según esta concepción, ninguna sustancia podía ser nunca un elemento excepto en un sentido provisional, ya que nunca había la seguridad de que, al avanzar los conocimientos, no fuese posible idear un procedimiento para descomponer un supuesto elemento en dos sustancias más simples.

*Hasta la llegada del siglo XX no pudo definirse la naturaleza de los elementos en un sentido no provisional.*