

**CURSO DE NIVELACIÓN EN QUÍMICA**  
**AÑO 2019**

**GUÍA PARA EL INGRESANTE**  
**INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA**

U.N.P.S.J.B.



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y CIENCIAS DE LA SALUD

**Sede Trelew**

## **¡Bienvenido a esta nueva etapa!**

Es nuestra intención acompañarte y darte las herramientas necesarias, para que, junto a tu compromiso y responsabilidad, inicies el camino de la vida universitaria de la mejor manera posible.

Hemos preparado la presente guía, para que durante las vacaciones y hasta que comiencen las clases, repases algunos conceptos de física y química que aprendiste en la escuela secundaria. Los mismos serán un punto de partida, por lo que su repaso será de mucha utilidad.

Nuestro compromiso implica acompañarte, ayudarte, aclarar tus dudas, orientarte en la búsqueda de información que sea necesaria en los libros, y colaborar en tu proceso de resolución de los ejercicios propuestos, dándote toda la información necesaria para que aquellos conocimientos que recuerdes menos o que aún no hayas adquirido, puedas incorporarlos antes de comenzar con el ritmo universitario.

Este compromiso es para con vos mismo... por eso te recomendamos: leer la guía, realizar los ejercicios, asistir a las clases de consulta, expresar todas tus dudas, (recuerda que es un espacio de aprendizaje, por lo tanto no hay espacio para el miedo, el orgullo o la vergüenza). Esto te permitirá involucrarte al cien por cien con la nueva actividad que comenzaste... todo está en tus manos.

¡La decisión es sólo tuya! ¡Ya estas ejerciendo un derecho fundamental para tu vida: el de elegir qué vas a hacer para construir tu futuro!

Recuerda que en cada momento cuentas con nuestro apoyo y compañía... nuevamente te decimos: ¡Bienvenido!

La guía está formada por:

- \* Breve introducción teórica de cada tema.
- \* Ejemplos de ejercicios resueltos.
- \* Ejercicios para resolver, y sus respuestas al final de la guía, para autocorrección y autoevaluación.
- \* Bibliografía utilizada, la cual consiste en un listado de los libros que han sido utilizado para la elaboración de la guía. Los mismos serán muy útiles para consultar durante la resolución de los ejercicios, y serán tus compañeros durante toda tu vida universitaria.

**UN ESTUDIANTE UNIVERSITARIO Y FUTURO PROFESIONAL  
TIENE UN MEJOR AMIGO, QUE ES EL LIBRO,  
Y LA MEJOR DE LAS VIRTUDES, LA PERSEVERANCIA.**

### **Pautas para transformar la información en conocimiento**

- Mantener el ambiente de trabajo limpio y ordenado.
- Mantener un buen estado de salud, con una alimentación adecuada.
- Adquirir hábitos de estudio para aprovechar al máximo la actividad de las neuronas en el momento de la recepción de información (fijar horarios, rutinas de trabajo, técnicas de estudio, entre otras).
- Fijar la atención en el momento de estudio, y destinar un tiempo adecuado a la recreación.
- Siempre recordar cuál es el objetivo por el cual se está estudiando, para tener en claro “lo que se quiere lograr”.
- Leer a conciencia cada actividad, y aprovechar todas las herramientas para resolver las consignas (conocimientos previos, libros, clases consultas).
- Siempre que sea necesario, pedir ayuda a los docentes, que siempre estarán dispuestos a minimizar tus dudas, para favorecer tu aprendizaje.
- Ante una derrota (tema difícil, examen desaprobado, entre otros), perseverar, aprender de los errores, y seguir en carrera.

**“ES BUENO TENER UN DESTINO Y VIAJAR HACIA ÉL,  
PERO EN REALIDAD LO MÁS IMPORTANTE ES EL VIAJE”**

**Úrsula Leguin**

## 1. MEDICIONES

Para la física y la química, en su calidad de ciencias experimentales, la medida constituye una operación fundamental.

### 1.1 Magnitud, cantidad y unidad

Se denominan **magnitudes** a ciertas propiedades o aspectos observables de un sistema físico que pueden ser expresados en forma numérica. *La longitud, la masa, el volumen, la fuerza, la velocidad, la cantidad de sustancia* son ejemplos de magnitudes físicas.

En el lenguaje de la física la noción de **cantidad** se refiere al valor que toma una magnitud dada en un cuerpo o sistema concreto; por ejemplo, si decimos que una mesa mide *1,50 m* de largo y que pesa *25 kg*, estamos hablando de cantidades, es decir, del valor que toma su longitud y su masa. Una cantidad de referencia se denomina *unidad* y el sistema físico que encarna la cantidad considerada como una unidad se denomina patrón.

### 1.2 La medida como comparación

La medida de una magnitud física supone la comparación del objeto con otro de la misma naturaleza que se toma como referencia y que constituye el patrón.

### 1.3 Tipos de magnitudes

**Magnitudes escalares**, son aquellas que quedan perfectamente determinadas cuando se expresa su cantidad mediante un número seguido de la unidad correspondiente. La longitud, el volumen, la masa, la temperatura, la energía, son sólo algunos ejemplos.

**Magnitudes vectoriales**, son aquellas que precisan para su total definición que se especifique, además de los elementos anteriores, una dirección o una recta de acción y un sentido. La fuerza, constituye un ejemplo de este tipo de magnitud, pues sus efectos al actuar sobre un cuerpo dependerán no sólo de su cantidad, sino también de la línea a lo largo de la cual se ejerza su acción.

Al igual que los números reales son utilizados para representar cantidades escalares, las cantidades vectoriales requieren el empleo de otros elementos matemáticos diferentes de los números, con mayor capacidad de descripción. Estos elementos matemáticos que pueden representar intensidad, dirección y sentido se denominan vectores. Las magnitudes que se manejan en la vida diaria son, por lo general, escalares.

### 1.4 El Sistema Internacional de Unidades (SI)

Cada científico o cada país podría operar con su propio sistema de unidades, sin embargo, existe una tendencia generalizada a adoptar un mismo sistema de unidades con el fin de facilitar la cooperación y comunicación en el terreno científico y técnico: el **Sistema Internacional (SI)** que distingue y establece las magnitudes básicas y derivadas.

En la 26ª Conferencia General de Pesas y Medidas celebrada en Versalles, del 13 al 16 de Noviembre de 2018, se han modificado las definiciones del kilogramo, el amperio, el kelvin y el mol y entrarán en vigor el Día Mundial de la Metrología, el 20 de mayo de 2019.

Las definiciones revisadas se basan ahora en constantes físicas, la constante de Planck, la constante de Boltzmann, la carga elemental y la constante de Avogadro. El uso de constantes naturales permite obtener mayor exactitud en las mediciones.

El kilogramo por ejemplo, se definía por la masa de un cilindro de platino-iridio alojado en el Comité Internacional de Pesas y Medidas en Sevres, en los suburbios de París, todas las mediciones del mundo debían basarse en ese único artefacto. La estabilidad temporal de la pieza es imposible de determinar.



Ilustración 1. Prototipo del kg. Extraída de <http://www.cem.es>.

La nueva definición se basa en la asignación de un valor a la constante de Planck ( $h = 6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ). La realización práctica implica encontrar una manera de medir la masa en función de algo que no sea una masa, medir fuerzas gravitacionales en función de fuerzas eléctricas a través por ejemplo de la balanza de Kibble.

El SI toma como magnitudes fundamentales: la longitud, la masa y el tiempo, entre otras, y fija las unidades correspondientes para cada una de ellas.

El siguiente cuadro muestra algunas de las **unidades fundamentales**:

Tabla 1. Unidades del Sistema Internacional de Unidades

Magnitud	Nombre	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s

Las **unidades derivadas** han recibido nombres y símbolos especiales. Las mismas pueden ser utilizadas en combinación con otras unidades fundamentales o derivadas para expresar unidades de otras cantidades. Algunas de ellas se muestran a continuación:

**Newton (N):** Unidad de fuerza. Es la fuerza que, aplicada a un cuerpo que tiene una masa de 1 kilogramo, le comunica una aceleración de 1 metro por segundo, cada segundo.

$$N = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

**Joule (J):** Unidad de trabajo. Es el trabajo producido por una fuerza de un newton cuando su punto de aplicación se desplaza la distancia de un metro en la dirección de la fuerza.

$$J = N \cdot \text{m}$$

**Pascal (Pa):** Unidad de presión. Es la presión uniforme que, actuando sobre una superficie plana de 1 metro cuadrado, ejerce perpendicularmente a esta superficie una fuerza total de 1 newton.

$$\text{Pa} = N \cdot \text{m}^{-2}$$

Las unidades del SI cambian en forma decimal por medio de una serie de prefijos, que actúan como múltiplos y submúltiplos decimales. Estos prefijos se colocan delante del símbolo de la unidad correspondiente sin espacio intermedio. El conjunto del símbolo más el prefijo equivale a una nueva unidad que puede combinarse con otras unidades y elevarse a cualquier exponente (positivo o negativo).

Tabla 2. Prefijos del Sistema Internacional de Unidades

Múltiplos decimales			Submúltiplos decimales		
Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo	Factor
Deca	da	$10^1$	Deci	d	$10^{-1}$
Hecto	h	$10^2$	Centi	c	$10^{-2}$
Kilo	k	$10^3$	Mili	m	$10^{-3}$
Mega	M	$10^6$	Micro	$\mu$	$10^{-6}$
Giga	G	$10^9$	Nano	n	$10^{-9}$
Tera	T	$10^{12}$	Pico	p	$10^{-12}$
Peta	P	$10^{15}$	Femto	f	$10^{-15}$
Exa	E	$10^{18}$	Atto	a	$10^{-18}$
Zetta	Z	$10^{21}$	Zepto	z	$10^{-21}$
Yotta	Y	$10^{24}$	Docto	y	$10^{-24}$

Los símbolos que corresponden a unidades derivadas de nombres propios se escriben con la **letra inicial mayúscula** (ejemplos: A, V, etc.). Siempre con letras a excepción del ohm. Los demás símbolos se escriben con letras minúsculas.

Los símbolos de las unidades no cambian de forma para el plural (**no incorporan ninguna "s"**) y no van seguidos de punto.

Las unidades derivadas se definen como productos o cocientes de las unidades básicas o suplementarias aunque también pueden utilizarse unidades suplementarias con nombre propio. Para expresar las unidades derivadas pueden utilizarse los siguientes métodos:

\*Ubicar las diferentes unidades una a continuación de otra sin separación; por ejemplo: As, Nm. En este caso se deben evitar las combinaciones en que una unidad que tiene el mismo símbolo que un prefijo se coloque delante ya que pueden dar lugar a confusión. Por ejemplo no debe utilizarse mN (que significa milinewton) en lugar de Nm (newton por metro).

\*Poner las diferentes unidades separadas por un punto alto; por ejemplo: A·s, N·m. Esta disposición es preferible a la anterior. En este caso también conviene evitar las combinaciones que puedan dar lugar a confusión si el punto es poco visible (así hay que evitar, por ejemplo, m·N).

\*En el caso de cocientes puede utilizarse:

- Un cociente normal.
- La barra inclinada ( $m/s$ ,  $m/s^2$ ) evitando el uso de productos en el denominador; por ejemplo podemos escribir:  $kg/A/s^2$  en lugar de  $kg/(A \cdot s^2)$ .
- Potencias negativas; por ejemplo:  $kg \cdot A^{-1} \cdot s^{-2}$ .

### 1.5 Algunas magnitudes de uso común

#### 1.5.1 Velocidad, aceleración, fuerza y presión

**Velocidad:** cambio en la distancia en función del tiempo transcurrido. Se expresa en  $m \cdot s^{-1}$ .

**Aceleración:** cambio de velocidad en función del tiempo. Se expresa en  $m \cdot s^{-2}$ .

**Fuerza:** masa por aceleración, se expresa en Newton.

**Presión:** fuerza aplicada por unidad de área, se expresa en Pascal. Otras unidades utilizadas frecuentemente en la medición de la presión son: milímetro de mercurio (mmHg) o Torricelli (torr) y atmósfera (atm).

$$101\ 325\ Pa = 1\ atm = 760\ mmHg = 760\ torr$$

La presión P de un gas, es la fuerza F, que ejerce el gas dividida por el área o superficie A, sobre la cual se ejerce la fuerza:

$$Presión = \frac{Fuerza}{Área} \quad \text{o} \quad P = \frac{F}{A}$$

La unidad como hemos visto en el SI, es el Pascal Pa,  $1Pa = 1kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$

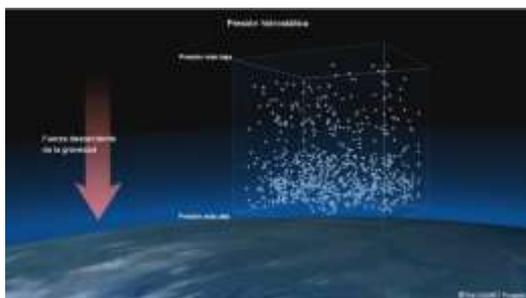


Ilustración 2. Representación de la presión atmosférica en la superficie terrestre. Extraída de [https://www.tiempo.com/ram/wp-content/uploads/2018/11/00\\_presion2.jpg](https://www.tiempo.com/ram/wp-content/uploads/2018/11/00_presion2.jpg)

La superficie de la tierra, y cualquier objeto sobre ella, está en contacto con moléculas de gases atmosféricos en constante movimiento que ejercen una fuerza en toda su superficie. Esta fuerza resulta de la masa de la columna de aire de la capa de la atmósfera ubicada sobre la superficie o el objeto, que es atraída por la gravedad.

La presión atmosférica se mide con un barómetro, instrumento inventado por Evangelista Torricelli. El mismo consistió en un tubo de vidrio sellado en uno de sus extremos que fue colocado invertido en una cubeta abierta, la columna de mercurio en el tubo descendió hasta que la presión ejercida en la base coincidió con la presión atmosférica. Para interpretar las medidas es necesario relacionar entonces, la altura de la columna con la presión.

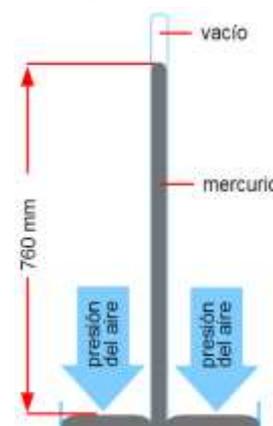


Ilustración 3. Representación del barómetro. Extraída de [http://www.educaplus.org/gases/con\\_presion.html](http://www.educaplus.org/gases/con_presion.html)

Si el área transversal de la columna es A, el volumen de mercurio es  $V=hA$ . La masa m, de ese volumen de mercurio es el producto de su densidad  $\delta$  por el volumen  $m = \delta V = \delta h A$ .

Esta masa desciende por la fuerza de la gravedad, y la fuerza que ejerce en su base es el producto de la masa por la aceleración debida a la gravedad,  $F=mg$ .

Entonces la presión en la base de la columna es

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\delta h A g}{A} = \delta h g$$

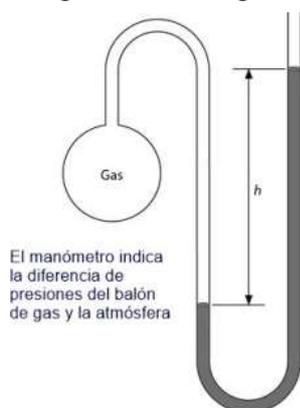


Ilustración 4. Manómetro abierto. Extraída de: <http://www.instrumentosdelaboratorio.net/2014/08/manometro.html>

Por lo que la presión, que ejerce una columna de mercurio es proporcional a la altura de la misma. El mercurio alojado en el tubo descenderá hasta que la presión ejercida en la base se equilibre con la presión atmosférica.

Para medir la presión interna de aparatos, se utiliza un manómetro, un tubo en U que se conecta en uno de sus extremos al sistema y el otro permanece abierto a la atmósfera o sellado. En los manómetros abiertos cuando la presión en el sistema es igual a la atmosférica la altura en ambas ramas es similar, si el nivel en el lado del sistema está por encima del de la otra rama, la presión es más baja.

Ejercicio

Si la altura de una columna de mercurio es 760 mm, ¿cuál es la presión atmosférica medida en Pa?

La densidad del mercurio a 20°C es 13,546 g.cm<sup>-3</sup> y la aceleración debido a la gravedad es 9,80665 m.s<sup>-2</sup>.

Resolución:

- 1) Pasar la altura de mm a m  $\rightarrow 760 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0,760 \text{ m}$
- 2) Pasar a kg.m<sup>-3</sup> la densidad  $\rightarrow 13,546 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1000000 \text{ cm}^3}{\text{m}^3} = 13546 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- 3) Calcular P  $\rightarrow$   

$$P = \delta h g = 13546 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,760 \text{ m} \times 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

### 1.5.2 Temperatura

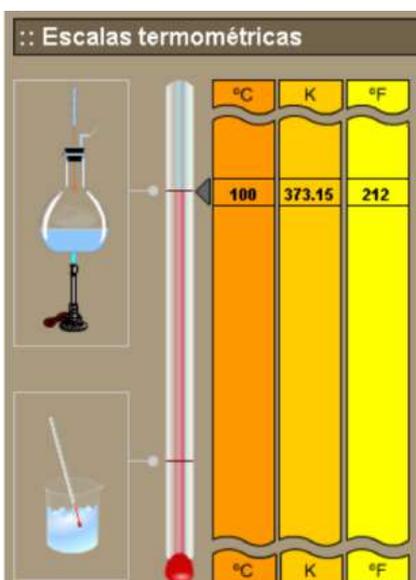
Actualmente se utilizan tres escalas de temperaturas. Sus unidades son °C (grados Celsius), °F (grados Fahrenheit) y K (Kelvin). En la escala Celsius se divide en 100 grados el intervalo comprendido entre el punto de congelación (0 °C) y el punto de ebullición del agua (100 °C) a presión normal (1 atm), mientras que en la escala Fahrenheit, que es la escala utilizada en Estados Unidos fuera del laboratorio, se definen los puntos de congelación y ebullición normales del agua a 32 °F y 212 °F.

El Sistema Internacional define al Kelvin como la unidad fundamental de la temperatura; es decir, es la escala de temperatura absoluta. El término de temperatura absoluta significa que el cero en escala Kelvin, denotado por 0 K, es la temperatura teórica más baja que puede obtenerse.

A continuación te mostramos las ecuaciones que se utilizan para realizar la conversión de temperaturas de una escala a otra:

°F $\rightarrow$ °C	°C $\rightarrow$ °F
? °C = (x °F - 32 °F) . (5 °C/9 °F)	? °F = (9 °F/5 °C) . (x °C) + 32 °F
°C $\rightarrow$ K	K $\rightarrow$ °C
? K = (x °C + 273,15 °C) . (1 K/1 °C)	? °C = x K . (1 °C/1 K) - 273,15 °C

donde ? representa el valor numérico que se obtendrá como resultado luego de aplicar la ecuación correspondiente, la “x” representa el valor de temperatura cuya unidad se desea convertir y la multiplicación se representa con el símbolo “.”.



El tamaño de un grado en la escala Fahrenheit es de sólo 5/9 de un grado en la escala Celsius.

La escala Celsius y la Kelvin tienen unidades de igual magnitud, es decir que un grado Celsius equivale a un Kelvin.

La figura a la izquierda muestra las tres escalas termométricas y la relación entre ellas.

Presión = 1 atm	P.F.	P.E.	Divisiones
Escala Celsius	0	100	100
Escala Kelvin	273.15	373.15	100
Escala Fahrenheit	32	212	180

### 1.5.3 Masa y peso

La masa (m) es la medida de la cantidad de materia de un cuerpo.

El peso (P), en cambio, es la medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un cuerpo.

$$P = m \cdot g$$

$$[N = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

$$9,8N = 1\text{kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\text{Equivalencia: } 1\text{kgf} = 9,81N$$

### 1.5.4 Densidad y peso específico

#### Densidad absoluta

La densidad absoluta ( $\delta$ ), se define como la masa ( $m$ ) por cada unidad de volumen ( $V$ ) de un sistema. Matemáticamente es el cociente entre la masa y el volumen del sistema, esto es:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad \text{o en símbolos} \quad \delta = \frac{m}{V}$$

Como la densidad es una propiedad intensiva no depende de la cantidad de masa presente, para un material dado la relación de masa a volumen es siempre la misma; en otras palabras  $V$  aumenta conforme aumenta  $m$ .

La unidad derivada del Sistema Internacional para la densidad es el kilogramo por cada metro cúbico ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Esta unidad es demasiado grande para la mayoría de las aplicaciones en química; por lo que la unidad gramo por centímetro cúbico ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) y su equivalente  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , se utilizan con más frecuencia para expresar las densidades de los sólidos y líquidos. Como las densidades de los gases son muy bajas, para ellos se emplea la unidad de gramos por litro ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

$$1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3} = 1 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 0,001 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1} = 1 \times 10^{-3} \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$$

Densidad del agua

$$1 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 \rightarrow 1 \text{ g}$$



Densidad del Plomo

$$11,3 \text{ g}/\text{cm}^3$$

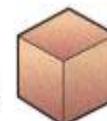
$$1 \text{ cm}^3 \rightarrow 11,3 \text{ g}$$



Densidad del Corcho

$$0,25 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 \rightarrow 0,25 \text{ g}$$



### Densidad relativa

La densidad relativa, es la densidad de un cuerpo respecto a la densidad de otro tomado como referencia. Para sólidos y líquidos la sustancia de referencia es el agua destilada que a presión de 1 atm y 4°C de temperatura tiene una densidad de 1,000  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

Como se trata de un cociente de dos unidades el resultado es un número adimensional, esto es un número sin unidades.

$$\delta \text{ relativa} = \frac{\delta \text{ sustancia}}{\delta \text{ H}_2\text{O}}$$

Para los gases se toma como referencia la densidad del aire a 1 atm de presión y 0 °C (Condiciones Normales de Presión y Temperatura), a la que corresponde una densidad de 1,293  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

$$\delta \text{ relativa} = \frac{\delta \text{ sustancia}}{\delta \text{ aire}}$$

### Peso específico absoluto

El peso específico absoluto (Pe) se define como el peso (P) por cada unidad de volumen (V) de un sistema. Matemáticamente se calcula como el cociente entre el peso y el volumen de un sistema.

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}} \quad \text{o en símbolos} \quad \text{Pe} = \frac{P}{V}$$

### Peso específico relativo

Es el peso específico de una sustancia con respecto a otra tomada como referencia.

$$\text{Para sólidos y líquidos: Pe relativo} = \frac{\text{Pe}}{\text{Pe H}_2\text{O}}$$

$$\text{Para gases: Pe relativo} = \frac{\text{Pe}}{\text{Pe aire}}$$

## 1.6 Manejo de los números

### 1.6.1 Notación científica

Analicemos las técnicas para el manejo de los números asociados a las mediciones: la notación científica. Es muy frecuente en esta área trabajar con números muy grandes o muy pequeños:

Por ejemplo en 16 g de Oxígeno (1 mol de átomos) hay 602.214.017.600.000.000.000.000 átomos de oxígeno y cada átomo tiene una masa de 0.000000000000000000000000267 g

Como verás, el manejo de estos números es engorroso y es muy fácil que se cometan errores al realizar diferentes cálculos. Puede suceder que te olvides de un cero o que coloques uno de más después del punto decimal. Por esta razón, para manejar dichos números, se utiliza la llamada Notación Científica. Sin importar su magnitud, todos los números se pueden expresar de la siguiente forma:

$$N \times 10^n$$

donde N es un número comprendido entre 1 y 9, y n es un exponente, que debe ser un número entero positivo o negativo.

Se cuenta el número de lugares que se debe mover la coma para tener el número N. Si la coma se corre hacia la **izquierda**, entonces n es **positivo**; si se corre hacia la **derecha**, entonces es **negativo**.

En los dos ejemplos antes mencionados, dichos números expresados en notación científica son:  $6,022 \times 10^{23}$  átomos de oxígeno y  $2,67 \times 10^{-24}$  g.

Pero CUIDADO, en la expresión “x10”, no significa que debes multiplicar el número x10 y luego elevarlo al exponente escrito, ya que de esa manera estarías agregando un cero más al número. Esto en la calculadora se trabaja con la tecla que dice **EXP**, que generalmente se encuentra al lado del signo igual.

### **Ejemplos:**

Si se quiere transformar a notación decimal un número que se encuentra expresado en notación científica, por ejemplo  $1,4 \times 10^5$ , ó  $1,6 \times 10^{-5}$  se debe proceder del siguiente modo:

El exponente es 5 e indica el número de posiciones que hay que desplazar la coma para obtener el número:

- Si el exponente es **positivo** la coma se corre a la **derecha**:  $1,4 \times 10^5 = 140000$
- Si es **negativo** la coma se corre a la **izquierda**:  $1,6 \times 10^{-5} = 0,000016$

Si se quiere transformar a notación científica un número que se encuentra expresado en notación decimal, por ejemplo 1700 ó 0,00032, se debe proceder del siguiente modo:

Se determina el exponente contando los lugares que es necesario mover la coma para dejar un número con un solo entero:

- Si la coma se corre a la **izquierda**, el exponente es **positivo**:  $1700 = 1,7 \times 10^3$
- Si la coma se corre a la **derecha** el exponente es **negativo**:  $0,00032 = 3,2 \times 10^{-4}$

A continuación te mostramos dos ejemplos de cómo utilizar la notación científica, con las unidades:

### **Ejemplo 1:** Convertir 450 kg a g

Como vimos en la página 6, para el símbolo “k”, que representa el prefijo “kilo”, el factor es  $10^3$ . Esto quiere decir que, para pasar de kg a g, se le agrega a 450 el factor correspondiente ( $10^3$ ), y automáticamente la cifra queda expresada en gramos:

$$450 \text{ kg} \rightarrow 450 \text{ x}10^3 \text{ g} = 4,5 \text{ x}10^5 \text{ g} = 450000 \text{ g}$$

### **Ejemplo 2:** Convertir 25 mL a L

Siguiendo el mismo procedimiento que en el ejemplo anterior, para el símbolo “m”, que representa el prefijo “mili”, el factor es  $10^{-3}$ . Esto quiere decir que, para pasar de

mL a L, se le agrega a 25 el factor correspondiente ( $10^{-3}$ ), y automáticamente la cifra queda expresada en litros:

$$25 \text{ mL} \rightarrow 25 \times 10^{-3} \text{ L} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ L} = 0,025 \text{ L}$$

### 1.6.1.1 Manejo de notación científica en operaciones aritméticas

#### Suma y resta

Se expresa cada cantidad ( $N_1$  y  $N_2$ ) con el mismo exponente  $n$  y luego se combinan los valores  $N_1$  y  $N_2$  manteniendo  $n$  sin cambios.

**Ejemplos:**

$$4,31 \times 10^4 + 3,9 \times 10^3 = 4,31 \times 10^4 + 0,39 \times 10^4 = 4,70 \times 10^4$$

$$2,22 \times 10^{-2} - 4,10 \times 10^{-3} = 2,22 \times 10^{-2} - 0,41 \times 10^{-2} = 1,81 \times 10^{-2}$$

#### Multiplicación y división

En la multiplicación, se multiplican  $N_1$  y  $N_2$  y los exponentes se suman. En la división,  $N_1$  y  $N_2$  se dividen y los exponentes se restan.

**Ejemplos:**

$$8,0 \times 10^4 \times 5,0 \times 10^2 = (8,0 \times 5,0)(10^{4+2}) = 40 \times 10^6 = 4,0 \times 10^7$$

$$6,9 \times 10^7 / 3,0 \times 10^{-5} = (6,9/3,0)(10^{7-(-5)}) = 2,3 \times 10^{12}$$

### 1.6.2 Cifras significativas

El valor numérico de cualquier medida es una aproximación. Ninguna medida física, como masa, longitud o tiempo es absolutamente correcta. La exactitud de toda medición está limitada por el instrumento utilizado para realizarla.

Excepto cuando se trabaja con números enteros (ejemplo número de pasajeros en un colectivo), en el resto de los casos es imposible obtener el valor exacto de la cantidad buscada. Por esta razón, es importante indicar el margen de error en las mediciones señalando claramente el número de cifras significativas, que son los dígitos significativos en una cantidad medida o calculada.

Tener presente el número de cifras significativas en una medición, asegura que los cálculos realizados con los datos reflejen la precisión de esa medición.

**Ejemplo 1:** una bureta de 50 mL está graduada con divisiones separadas cada 1/100 mL, estimándose las centésimas de mililitro. Un volumen registrado de 14,83 mL representa cuatro cifras significativas. La última cifra (3), tiene una incertidumbre de más

o menos 0,01, es decir que el volumen registrado en realidad se encuentra entre 14,82 y 14,84, y expresado matemáticamente sería  $14,83 \pm 0,01$  mL.

**Ejemplo 2:** el peso de un objeto determinado en una balanza analítica, fue de 3,4062 g, este valor posee 5 cifras significativas.

### 1.6.2.1 Guía práctica para utilizar las cifras significativas

- Por convención, cuando se utilizan cifras significativas el último dígito es incierto.
- **Cualquier dígito diferente de cero es significativo.** Así, **4856** cm tiene cuatro cifras significativas; **1,23** kg posee tres cifras significativas.
- **Los ceros ubicados entre dígitos distintos de cero son significativos.** Así, **205** m contiene tres cifras significativas; **50102** s contiene cinco cifras significativas.
- **Los ceros a la izquierda del primer dígito distinto de cero no son significativos.** Los mismos se utilizan para indicar el lugar de la coma. Por ejemplo **0,029** g ( $2,9 \times 10^{-2}$  g) contiene dos cifras significativas; **0,000000089** g ( $8,9 \times 10^{-8}$  g) contiene dos cifras significativas.
- **Si un número es mayor que 1, todos los ceros escritos a la derecha de la coma son significativos.** Así **2,0** mL tiene dos cifras significativas; **4,0825** mg tiene cinco cifras significativas y **3,0200** s tiene 5 cifras significativas.
- **Si un número es menor que 1, sólo son significativos los ceros que están al final del número o entre dígitos.** Así, **0,302** g tiene tres cifras significativas; **0,0040** kg tiene dos cifras significativas.
- **Para números sin coma, los ceros ubicados después del último dígito pueden o no ser cifras significativas.** Así en 200 mL puede tener una (2), dos (20) o tres (200) cifras significativas. No es posible determinar la cantidad correcta, sino se posee más información. Por esta razón es de mucha utilidad la notación científica, para evitar esta ambigüedad. En nuestro caso podemos expresar  $2 \times 10^2$  mL, para una cifra;  $2,0 \times 10^2$ , para dos cifras o  $2,00 \times 10^2$  para tres cifras significativas.

### 1.6.2.2 Manejo de cifras significativas en operaciones aritméticas

#### Suma y resta

El número de cifras significativas a la derecha de la coma en el resultado final está determinado por el *número más pequeño de cifras significativas a la derecha de la coma* en cualquiera de los números originales.

**Ejemplos:**

$$89,332 + 1,1 = 90,4$$

$$2,097 - 0,12 = 1,98$$

## Multiplicación y división

El número de cifras significativas del producto o cociente resultante está determinado por el *número más pequeño de cifras significativas totales* de cualquiera de los números originales.

**Ejemplos:**

$$2,8 \times 4,5039 = 13$$

$$6,85 / 112,04 = 0,0611$$

### 1.7 Método del factor unitario

Las mediciones cuidadosas y el uso apropiado de cifras significativas, asociado a los cálculos correctos, dará resultados numéricos exactos. Sin embargo, para que las respuestas tengan sentido, deberán ser expresadas en las unidades correctas. Un procedimiento que puede utilizarse para la resolución de problemas que incluyan conversión de unidades se denomina **método del factor unitario o método de análisis dimensional**. Esta técnica se basa en la relación que existe entre diferentes unidades que expresan la misma cantidad física.

Por ejemplo, un peso (\$1) es equivalente a cien centavos, es decir, ambos representan la misma cantidad de dinero. Esta equivalencia se puede representar así:

$$1 \text{ peso} = 100 \text{ centavos}$$

Como un peso es igual a cien centavos, su relación es igual a 1, es decir:

$$\frac{1 \text{ peso}}{100 \text{ centavos}} = 1$$

Esta fracción, denominada factor unitario (ya que el numerador y el denominador describen la misma cantidad), debe leerse como “un peso por cada cien centavos”.

El recíproco de cualquier factor unitario también es un factor unitario. Así, podríamos haber escrito:

$$\frac{100 \text{ centavos}}{1 \text{ peso}} = 1$$

En este caso, se lee como “cien centavos por cada un peso”.

La utilidad de los factores unitarios es que permiten efectuar conversiones entre diferentes unidades que miden la misma cantidad.

**Ejemplo:** Convertir 2,46 pesos a centavos.

Podemos expresarlo como: ? centavos = 2,46 pesos

Como queremos convertir de pesos a centavos, tengo que elegir el factor unitario que tenga la unidad peso en el denominador, de modo tal que la unidad peso se cancele y el resultado quede expresado en centavos:

$$2,46 \text{ pesos} \times \frac{100 \text{ centavos}}{1 \text{ peso}} = 246 \text{ centavos}$$

Se recomienda el uso de este método en lugar del uso de la “regla de tres simples”.



### Para resolver

#### Velocidad y presión

- 1) Un automóvil se desplaza a  $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Expresar esta velocidad en  $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ , y en  $\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$ .
- 2) En un recipiente de  $10 \text{ dm}^3$  hay  $0,50 \text{ mol}^*$  de moléculas de  $\text{O}_2$  a una presión de  $3739,2 \text{ mmHg}$ . La temperatura es de  $1200\text{K}$ . Calcular en atm y en hPa la presión a la que está sometido el gas.

\*El mol es una unidad de cantidad de sustancia. Su concepto y aplicación son abordados más adelante en este cuadernillo.

- 3) En un sistema cerrado con tapa móvil hay un gas a una presión de  $628,1 \text{ hPa}$ . Expresar la presión en mmHg y atm.

#### Temperatura

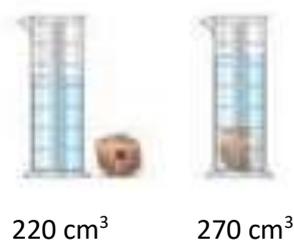
- 1) a) Calcular en K la temperatura de un cuerpo que está a  $-8 \text{ }^\circ\text{C}$  .  
 b) Calcular en  $^\circ\text{C}$  la temperatura de un cuerpo que está a  $120 \text{ K}$  .  
 c) Determinar y justificar si es correcto afirmar que una variación cualquiera de temperatura expresada en  $^\circ\text{C}$  es numéricamente igual si se la expresa en K.
- 2) Completar la siguiente tabla:

	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{F}$	K
Punto de fusión del plomo (Pb)	327,5		
Punto de ebullición del etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )		172,9	
Punto de ebullición del nitrógeno ( $\text{N}_2$ )			77
Punto de ebullición del mercurio (Hg)	357		

**Densidad y peso específico**

- 1) La densidad del mercurio (Hg) a 273,15 K es  $13,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . ¿Cuál es el volumen que ocuparán 35 g de mercurio?
- 2) El oro es un metal precioso químicamente inerte. Un lingote de oro con una masa de 301 g tiene un volumen de  $15,6 \text{ cm}^3$ . Calcular la densidad del oro en  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .
- 3) Calcule la densidad de un cilindro de aluminio de masa 75,21 g, diámetro 1,5 cm y una altura de 15,75 cm, en  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .
- 4) Calcular la densidad en  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , de una pieza rectangular de marfil de 23 cm x 15 cm x 15,5 cm, si tiene una masa de 10,22 kg.
- 5) Se tienen dos cubos de hierro, uno de 10 cm y el otro de 20 cm de arista. Responder si es verdadero o falso. Justificar.
  - a) El cubo más grande tiene mayor densidad.
  - b) Los dos tienen igual masa.

- 6) En un recipiente graduado se vierte agua líquida,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , hasta que la marca leída es  $220 \text{ cm}^3$ . Se coloca en su interior un bloque de grafito. (El grafito es una de las formas en las que se encuentra en la naturaleza el elemento carbono; la otra forma es el diamante). La masa del bloque es 13,5 g y el nivel del agua sube hasta llegar a  $270 \text{ cm}^3$ . Calcule la densidad del grafito, en  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

**Manejo de números**

- 1) Comparar y ordenar en forma creciente las siguientes cantidades
  - a)  $10^{-3} \text{ L}$
  - b)  $70 \text{ dm}^3$
  - c)  $120 \text{ cm}^3$
  - d)  $1570 \text{ mL}$
- 2) Expresar las siguientes cantidades en notación científica o en forma decimal, según corresponda.
  - a) 0,0000000027
  - b) 3560
  - c) 47700
  - d) 0,096
  - e)  $1,56 \times 10^{-3}$
  - f)  $7,78 \times 10^{-5}$
  - g)  $2,59 \times 10^2$
  - h)  $9,00 \times 10^5$
  - i) 0,00000709
- 3) ¿Cuál es el número de cifras significativas en cada una de las siguientes cantidades medidas?
  - a) 4867 g
  - b) 29 mL
  - c) 60104 Tn
  - d) 0,00000303 cm
  - e) 0,0220 kg

4) La luz o radiación visible, tiene longitudes de onda entre 4000 y 7500 Å ( $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ ). Por ejemplo, la luz amarilla tiene una longitud de onda de 5800 Å. Exprese esta longitud de onda en metros.

5) Indique y justifique si las siguientes medidas son iguales.

a) 5800Å      b) 580 nm      c)  $5,8 \times 10^5 \text{ pm}$       d)  $5,8 \times 10^{-5} \text{ cm}$

## 2. LA MATERIA

### 2.1 Materia

La materia se puede definir como todo aquello que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio. Dicho de otra manera, es todo lo que nos rodea.

**“La química es la ciencia que estudia a la materia, sus propiedades, los cambios que experimenta y las variaciones de energía que acompañan a dichos procesos.”**

Durante mucho tiempo los conceptos materia y masa se tomaron como sinónimos, pero a principios del siglo XX el físico Albert Einstein (1879-1955), demostró que la **masa y la energía** en realidad son dos componentes de la materia, teniendo la capacidad de interconvertirse. De esta manera podemos definir como **masa**, a la existencia de materia en forma de partículas o también como la cantidad de sustancia de un cuerpo susceptible de ser acelerada. La masa se mide mediante balanzas y su unidad es el kilogramo o sus múltiplos y submúltiplos. Mientras que la **energía** es una propiedad de un sistema, que manifiesta su capacidad para realizar trabajo; las unidades más utilizadas son el Joule, la Caloría y el Ergio. La materia puede tomar distintas formas a las que se las denomina cuerpo.

Entonces, un **cuerpo** es una porción limitada de materia identificable por su forma.

### 2.2 Leyes de la conservación de la materia

Estas leyes son los pilares que permiten estudiar y entender los cambios químicos de las sustancias. La ley de la conservación de la masa la cual señala que: "La masa de las sustancias antes y después de un cambio químico es constante", también puede expresarse como "La masa no se crea ni se destruye, sólo se transforma.". La Ley de la Conservación de la energía que expresa que: "La energía del universo es constante" esta ley también se define como: "La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma." Estas dos leyes están relacionadas por la ecuación de Einstein:

$$E = m \cdot c^2$$

donde E es energía, m es masa y c es la velocidad de la luz.

Podemos interpretarla como "La materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma". La masa y energía son componentes de la materia y sólo se convierten una en la otra.

Ahora te hacemos una pregunta ¿Masa y peso es lo mismo, son sinónimos? La respuesta es **NO**. Como veíamos en el capítulo 1, la masa de un cuerpo es una medida de la cantidad de materia que lo forma, mientras que el peso es la fuerza resultante de la atracción gravitatoria de la tierra sobre cada punto del mismo. Dado que, ordinariamente, hacemos todos nuestros experimentos en el planeta Tierra, tendemos a usar masa y peso intercambiablemente. Dicho uso es permisible, siempre que mantengamos en mente la diferencia entre masa y peso. Por ejemplo, cada uno de nosotros tiene una determinada masa, pero nuestro peso va a depender del lugar en donde realicemos dicha medición, por ejemplo en la tierra pesamos 50 kg pero si nos pesamos en la luna nuestro peso será diferente, donde la atracción gravitacional es aproximadamente un sexto de la terrestre. El cuerpo no ha perdido masa, sólo está sujeto a una atracción gravitacional menor. ¿Qué pensás? ¿Pesaremos más o menos en la luna?

### 2.3 Propiedades de la materia

Para poder estudiar y entender que es la materia y cómo se comporta es necesario estudiar sus propiedades. Las cuales se clasifican como: generales o extensivas y específicas o intensivas.

#### Propiedades generales o extensivas

Son aquellas propiedades de un cuerpo cuyo valor medible **depende de la cantidad de materia**, estas son: volumen, masa, peso, inercia, entre otros.

#### Propiedades intensivas o específicas

Estas propiedades **no dependen de la cantidad de materia**, sino de su naturaleza, son importantes porque permiten distinguir a un cuerpo de otro. Pueden ser **físicas** como: la densidad, la conductividad eléctrica y calorífica, la elasticidad, maleabilidad, cambios de estado; o **químicas** como: la fuerza oxidante, la acidez o basicidad, combustibilidad, capacidad de combinación (estado de oxidación), electronegatividad, entre otras.

### 2.4 Clasificación de la materia

En la naturaleza encontramos:

**SUSTANCIAS PURAS.** Dentro de esta presentación tenemos a las sustancias simples y las sustancias compuestas.

Una **sustancia simple** es aquella sustancia que no puede descomponerse por métodos químicos en otra más sencilla. Constituyen los elementos. Algunos son muy comunes y necesarios, como el carbono, el oxígeno o el hidrógeno. La ordenación de estos elementos en función de sus propiedades físicas y químicas, da lugar a la llamada "Tabla Periódica". Fue ideada por un químico ruso, Mendeleiev el año 1869. Aquella primera tabla contenía tan sólo 63 elementos. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada confirmó en diciembre de 2015 el hallazgo de cuatro elementos nuevos. Se trata de los elementos 113, 115, 117 y 118, descubiertos en las últimas dos décadas por científicos rusos, japoneses y estadounidenses. Todavía no tienen un nombre oficial; por lo pronto se les conoce como ununtrium (Uut o elemento 113), ununpentium (Uup, 115), ununseptium (Uus, 117) y ununoctium (Uuo, 118). En los próximos meses los científicos que descubrieron estos elementos sintéticos deberán ponerles nombre. Pueden llevar un nombre mitológico, de un mineral, un lugar o país, una propiedad o incluso un científico.

En 2009, por ejemplo, al elemento químico 112 le pusieron Copernicium, en honor al astrónomo polaco Nicolás Copérnico (1473-1543) y su símbolo fue Cp.

Las **sustancias compuestas** resultan de la *combinación de los elementos en una proporción definida*, los elementos unidos pierden sus propiedades individuales.

**MEZCLAS.** Son sistemas que se forman por la combinación física de las sustancias en diferente proporción, los cuales conservan sus propiedades y se pueden separar por métodos físicos, además a las mezclas podemos clasificarlas si presentan una sola fase como homogéneas (soluciones y aleaciones) o si tienen varias como heterogéneas (suspensiones etc.)

### 2.5 Sistemas Materiales

**SISTEMA MATERIAL:** es un cuerpo aislado, conjunto de cuerpos, partes de un cuerpo o parte de un conjunto de cuerpos que se aíslan convenientemente para ser estudiados.

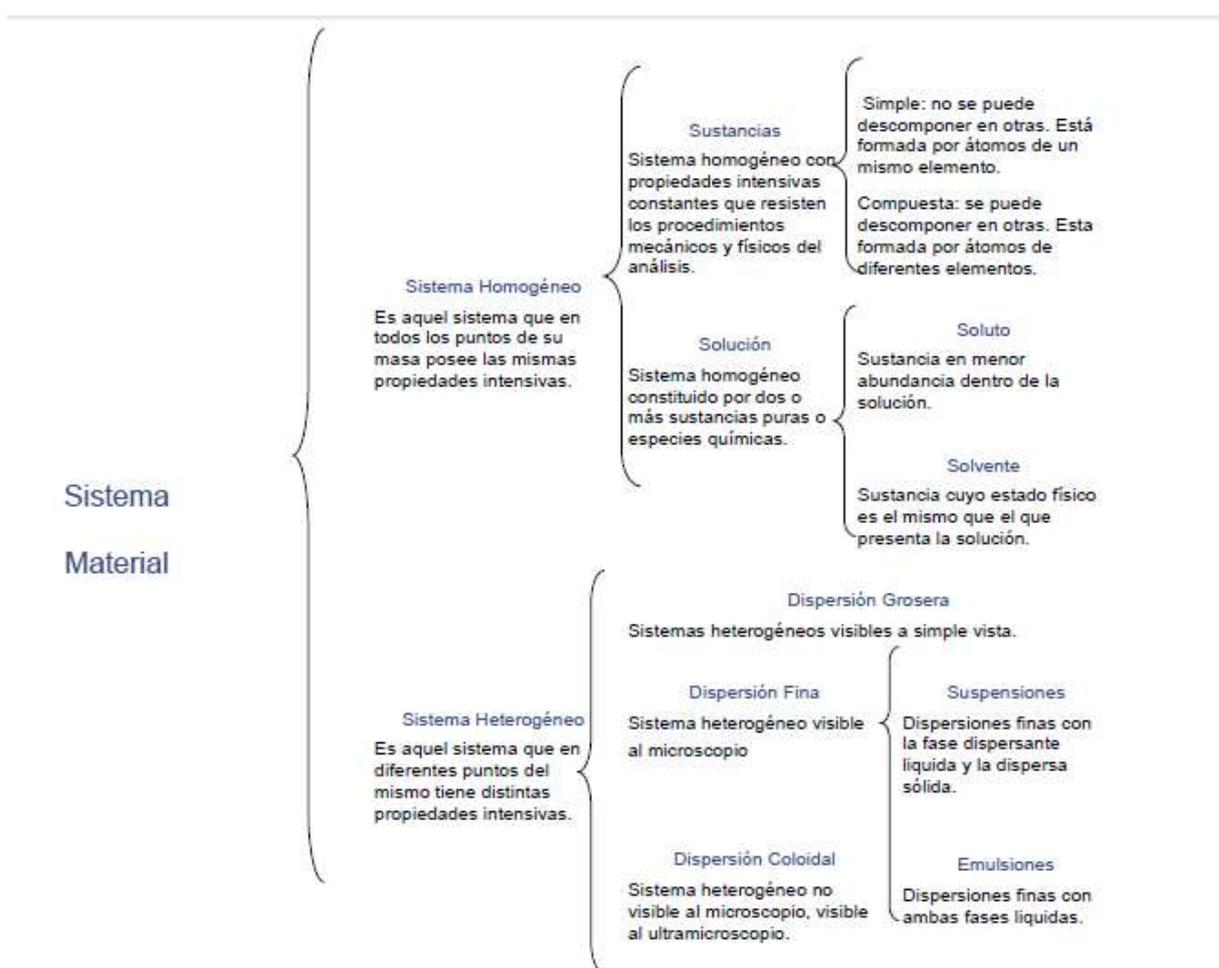
- **Sistemas homogéneos:** son aquellos que tienen propiedades intensivas constantes en toda su extensión. Son monofásicos (una sola fase). Estos a su vez se clasifican en sustancias y soluciones.
- **Sistemas heterogéneos:** son aquellos que tienen propiedades intensivas que no son constantes, existiendo superficies de discontinuidad, entre las distintas partes. Son polifásicos (dos o más fases).

**FASE:** es cada uno de los sistemas homogéneos que componen un sistema heterogéneo; las fases están separadas unas de otras por superficies de discontinuidad, llamadas interfases.

Existen otros sistemas en donde las propiedades intensivas varían punto a punto (variación en forma gradual), pero no existen superficies de separación y se los denomina **sistemas inhomogéneos**. Un ejemplo clásico es la atmósfera terrestre.

Cabe aclarar que en todo sistema, ya sea este homogéneo o heterogéneo, se deben distinguir los componentes del mismo. Es decir las sustancias que la forman.

Te mostramos a continuación un esquema que resume los conceptos básicos referidos al tema.



### 2.5.1 Métodos de separación

#### Métodos principales de separación de mezclas.

**Sedimentación:** Este método es utilizado para separar un sólido insoluble más denso de un líquido menos denso. Permite separar componentes contenidos en distintas fases, vertiendo la fase superior (menos densa).

**Decantación:** Este método es utilizado para separar dos líquidos inmiscibles de distinta densidad. Permite separar componentes contenidos en distintas fases, vertiendo la fase inferior (más densa).

**Centrifugación:** Método utilizado para separar un sólido insoluble de grano muy fino y de difícil sedimentación de un líquido. La operación se lleva a cabo en un aparato llamado centrífuga.

**Destilación:** Este método permite separar mezclas de líquidos miscibles, aprovechando sus diferentes puntos de ebullición. Este procedimiento incluye una evaporación y condensación sucesivas. Existen varios tipos de destilaciones, entre las que se encuentran la simple, la fraccionada y por arrastre de vapor.

**Filtración:** Permite separar un sólido de grano insoluble (de grano relativamente fino) de un líquido. Para tal operación se emplea un medio poroso de filtración o membrana que deja pasar el líquido y retiene el sólido. Los filtros más comunes son el de celulosa y el de fibra de vidrio.

**Evaporación:** Este método permite separar un sólido disuelto en un líquido por incremento de temperatura hasta que el líquido hierve y se convierte en vapor, quedando el sólido como residuo en forma de polvo seco.

**Sublimación:** Es un método utilizado en la separación de sólidos, aprovechando que algunos de ellos es sublimable (pasa del estado sólido al gaseoso, sin pasar por el estado líquido).

**Cromatografía:** La palabra Cromatografía significa "escribir en colores", ya que cuando fue desarrollada los componentes separados eran colorantes. La cromatografía es una técnica en la cual los componentes de una mezcla (analitos) se separan a partir de las diferencias de velocidad a la que son transportados por una fase móvil a través de una fase fija o estacionaria. Existen varios tipos de cromatografía, en columna, en papel, en capa fina, HPLC, de gases, entre otras.

**Diferencia de solubilidad:** Este método permite separar sólidos de líquidos o líquidos de sólidos al contacto con un solvente que selecciona uno de los componentes de la mezcla. Este componente es soluble en el solvente adecuado y es arrastrado para su separación, ya sea por decantación, filtración, vaporización, destilación, etc. Este método es muy útil para la preparación y análisis de productos farmacéuticos.

**Imantación:** Este método aprovecha la propiedad de algún material para ser atraído por un campo magnético. Los materiales ferrosos pueden ser separados de la basura por medio de un electroimán.

**Cristalización.** Proceso por el cual se forman cristales cuando una sustancia se enfría. Este proceso se observa cuando se tiene un sólido disuelto en una disolución saturada.

## 2.6 Energía

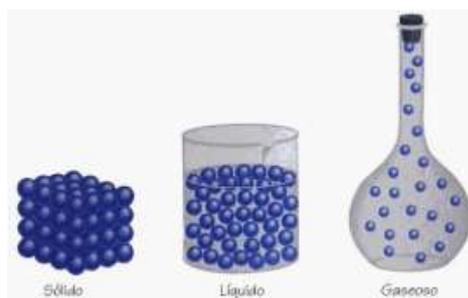
En principio se puede considerar que sólo hay dos tipos de energía, la potencial y la cinética. Con la transformación de éstas ocurren las demás manifestaciones.

**Energía potencial (Ep):** Es la energía almacenada en una partícula debido a su posición dentro de un campo de fuerzas eléctricas magnéticas o gravitacionales, como el agua de una presa, una pila o batería, etc.

**Energía cinética (Ec):** Es la energía que poseen los cuerpos en movimiento.

## 2.7 Estados de agregación

La materia se presenta básicamente en tres estados, los cuales son: sólido, líquido y gaseoso.



**Estado sólido.** Es un estado de la materia en el cual las partículas presentan atracciones muy fuertes y por esa razón tienen poca libertad de movimiento (Ep alta y Ec baja). Las partículas ocupan posiciones fijas dándole a la sustancia una forma definida y un volumen propio. Se presentan en dos formas principales: cristalinos y amorfos.

**Estado líquido.** Estado de agregación de la materia en el cual las partículas de una sustancia están atraídas más débilmente y por ello se pueden mover y por consiguiente cambiar su forma dentro de un volumen propio (Ep intermedia y Ec intermedia). Esta propiedad de sus partículas permite que un líquido tenga fluidez y por ello tome la forma del recipiente que lo contiene.

**Estado gaseoso.** Es un estado de agregación de la materia en el cual las fuerzas de atracción entre las partículas de una sustancia son muy débiles permitiendo el movimiento a enormes velocidades (Ep baja y Ec alta). Los gases se caracterizan por no tener volumen definido. En este estado de agregación las partículas se encuentran en movimiento continuo y por ello chocan entre sí y con las paredes del recipiente que los contiene. Un gas empuja constantemente en todas direcciones por esa razón los gases

llenen por completo los recipientes que ocupan; las colisiones en las paredes originan la presión del gas.

### 2.7.1 Cambios de estado

Cuando una sustancia cambia de estado implica suministro o liberación de energía del sistema hacia el medio, por esta razón se definen los cambios de estado en dos tipos.

**Endotérmicos.** Son cambios de estado que se originan cuando el sistema absorbe energía térmica.

**Exotérmicos.** Cambios de estado que se originan cuando el sistema desprende energía térmica.

#### Cambios de Estado Endotérmicos

**Fusión.** Es un cambio de estado que permite que una sustancia en estado sólido pase al estado líquido, por ejemplo: el hielo de la escarcha derritiéndose, la manteca en una sartén, un chocolate derretido en la palma de la mano, etc.

**Vaporización (evaporación, ebullición).** Es cambio de estado que permite que una sustancia en estado líquido pase al estado gaseoso, por ejemplo: el agua hirviendo, la formación de las nubes por medio de la evaporización del agua de los ríos y mares.

**Sublimación.** Es un cambio de estado directo de sólido a gas, por ejemplo: la sublimación del Yodo etc.

#### Cambios de Estado Exotérmicos

**Solidificación.** Es un cambio de estado que ocurre cuando un líquido pasa al estado sólido, por ejemplo: la obtención de figuras de plástico.

**Condensación.** Es la conversión del estado gaseoso al estado líquido. Este proceso es el inverso de la vaporización, por ejemplo: el empañamiento de una ventana.

**Sublimación inversa o deposición.** Cambio de estado directo de gas a sólido.

### 2.8 Fenómenos físicos y químicos

**Fenómeno Físico:** Son cambios que no involucran la obtención de nuevas sustancias químicas por ejemplo: cambios de estado, disolución, cristalización, filtración, fragmentación, reflexión y refracción de la luz, dilatación de un metal, movimiento de los cuerpos, transmisión del calor, etc.

**Fenómeno Químico:** Son cambios que implican la transformación de una sustancia en otra/s, por ejemplo: combustión, oxidación, reducción, polimerización, neutralización entre ácidos y bases, precipitación, formación de complejos, explosiones, digestión de los alimentos, corrosión de los metales, fotosíntesis, fermentación etc.

A continuación te mostramos algunos ejemplos.

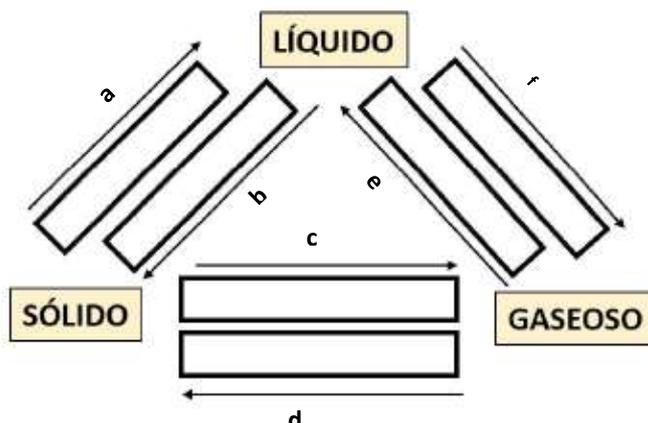
Proceso	Tipo de fenómeno	Observaciones
Oxidación del Hierro	Químico	El metal brillante y lustroso se transforma en óxido café rojizo
Ebullición del agua	Físico	El líquido se transforma en vapor
Ignición de azufre en aire	Químico	El azufre sólido y amarillo se transforma en dióxido de azufre, <i>gas sofocante</i>
Pasar un huevo por agua hirviendo	Químico	La yema y la clara líquidas se transforman en sólidas, desnaturalización de proteínas
Combustión de la gasolina	Químico	El combustible líquido se quema y se transforma en monóxido de carbono, dióxido de carbono y agua, todos en estado gaseoso
Digestión de los alimentos	Químico	Los alimentos se transforman en nutrientes líquidos y desechos sólidos
Aserrado de la madera	Físico	Se producen trozos más pequeños de madera y aserrín, a partir de una pieza mayor de madera
Quemado de la madera	Químico	La madera arde y se transforma en cenizas, dióxido de carbono gaseoso y agua
Calentamiento del vidrio	Físico	El vidrio sólido se transforma en pasta deformable, y así se puede cambiar su forma



### Para resolver

- 1) Señale cuál de los siguientes procesos son cambios físicos y cuales cambios químicos:
- vaporización del agua
  - agriado de la leche
  - formación de agua al hacer saltar una chispa eléctrica en una mezcla de oxígeno e hidrógeno
  - oxidación del hierro
  - fermentación del vino

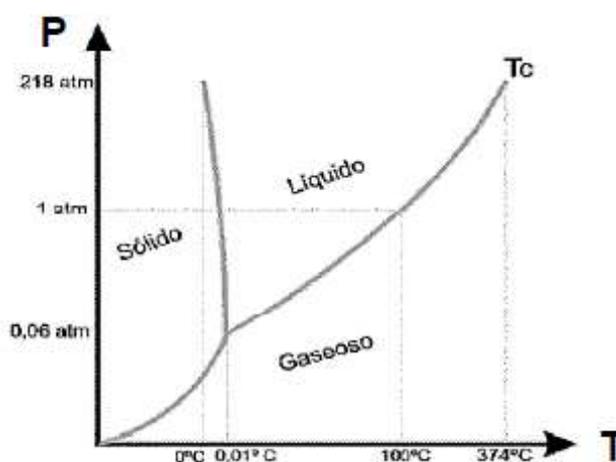
2) Complete el siguiente cuadro:



3) Indique cuál de los siguientes procedimientos es el más adecuado para separar una mezcla de sal, azufre y nafta:

- Calentar para que la nafta se evapore y separar después la sal y el azufre añadiendo agua. Al filtrar, quedará el azufre en el papel, luego se separará la sal del agua por evaporación.
- Filtrar para separar la nafta de los dos sólidos. Añadir agua sobre el mismo filtro para que se disuelva la sal y separarla del azufre por filtración. Recuperarla dejando evaporar el agua.
- Filtrar para separar la nafta de los dos sólidos. Añadir sulfuro de carbono sobre el papel del filtro para disolver el azufre y recuperarlo por evaporación del sulfuro de carbono.
- Calentar para que primero se evapore la nafta y después funda el azufre, que se separara de la sal por filtración.

4) El siguiente gráfico es el Diagrama de Fases del Agua ( $H_2O$ ).



Responda observando el gráfico:

- ¿En qué estado de agregación se encuentra el agua a una presión de 1 atm y 50°C?
- ¿En qué estado de agregación se encuentra el agua a una presión de 715 mm Hg y 300 K?
- Manteniendo constante la Presión a 1 atm, ¿Cuál es el rango de temperatura, aproximadamente, en la cual el agua está en estado líquido?

5) Las siguientes propiedades fueron determinadas para un trozo de hierro (Fe). Indique cuáles de ellas son intensivas y cuáles extensivas. Justifique.

- a) Masa = 40 g
- b) Densidad =  $7,8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- c) Color: grisáceo brillante
- d) Punto de fusión =  $1535 \text{ }^\circ\text{C}$
- e) Volumen =  $5,13 \text{ cm}^3$
- f) Insoluble en agua

6) Las siguientes proposiciones se refieren a un sistema formado por 3 trozos de hielo ( $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ ) flotando en una solución acuosa de cloruro de potasio (KCl). Marque las correctas y justifique su elección.

- a) Es un sistema homogéneo.
- b) El sistema tiene 2 interfases.
- c) El sistema tiene 3 fases sólidas y una líquida.
- d) El sistema tiene 2 componentes.
- e) El sistema tiene 3 componentes.
- f) Los componentes se pueden separar por filtración.

7) Indique cuáles de los siguientes sistemas son soluciones y cuáles son sustancias:

- a) agua salada
- b) agua y etanol ( $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )
- c) mercurio (Hg)
- d) óxido de plata ( $\text{Ag}_2\text{O}$ )
- e) bromo líquido ( $\text{Br}_2(\text{l})$ )

8) Indique y justifique cuáles de los siguientes sistemas son sustancias simples y cuáles compuestas:

- a) oxígeno ( $\text{O}_2$ )
- b) agua ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- c) azufre (S)
- d) óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ )

9) Indique cuáles de estas afirmaciones son correctas y cuáles no.

- a) Un sistema con un sólo componente debe ser homogéneo.
- b) Un sistema con dos componentes líquidos debe ser homogéneo.
- c) Un sistema con 2 componentes gaseosos debe ser homogéneo.
- d) Un sistema con varios componentes distintos debe ser heterogéneo.
- e) El agua está formada por la sustancia oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y la sustancia hidrógeno ( $\text{H}_2$ ).
- f) Por descomposición del agua se obtiene el elemento oxígeno y el elemento hidrógeno.
- g) El óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) está formado por el elemento calcio y el elemento oxígeno.

h) El óxido de hierro (puede ser óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) que, junto con otras sustancias, forma la herrumbre) resulta de la combinación del elemento hierro y el elemento oxígeno.

i) Si se calienta una determinada cantidad de un líquido, aumenta su volumen y en consecuencia también aumenta su masa.

### 3. EL INTERIOR DE LA MATERIA

#### 3.1 Teoría Atómica

Todas las sustancias están compuestas por partículas muy pequeñas llamadas átomos, que constituyen la porción mínima de materia que combinada químicamente conforma todo lo que nos rodea.

La teoría atómica fue formulada por Dalton (1766-1844) quien elaboró su teoría acerca de los átomos por un interés principalmente físico. Suponer que la materia está compuesta por partículas infinitamente pequeñas que se atraen o repelen entre sí con distinta intensidad, según la temperatura y su naturaleza, se presentaba como la mejor explicación de las propiedades de los distintos estados de agregación (gases, líquidos y sólidos).

Esta idea no era original, la propuesta novedosa de Dalton consistió en suponer que existe una masa atómica característica para cada elemento y que los átomos de un mismo elemento tienen todos exactamente la misma masa, siendo ésta distinta de la de los átomos de cualquier otro. También, en suponer que los átomos de lo que él llamó sustancias compuestas (hoy decimos moléculas) se pudieran concebir como un grupo de átomos de distintos elementos. De la teoría de Dalton se desprende que los átomos de cada elemento poseen dos propiedades importantes: la masa, que lo caracteriza, y el estado de oxidación, que indica la manera y extensión con la que se combinará con otros átomos.

#### 3.2 Modelo Atómico

En el modelo atómico los átomos están formados por un **núcleo** (donde están los protones y los neutrones) pequeño de gran masa, y un exterior casi vacío (donde están los electrones).

Las partículas subatómicas constitutivas son, entonces:

Los **electrones**, cargados eléctricamente (**negativos**, por convención) y con una masa de aproximadamente  $9,109 \times 10^{-28}$  g.

Los **protones**, cargados eléctricamente (con carga de igual magnitud que los electrones, pero de polaridad opuesta, **positivos** por convención) y con una masa de  $1,672 \times 10^{-24}$  g.

Los **neutrones**, eléctricamente **neutros**, tienen una masa algo mayor a la de un protón, aproximadamente  $1,675 \times 10^{-24}$  g.

**Número atómico:** es la cantidad de protones que hay en el núcleo de un átomo. Todos los átomos de un mismo elemento tienen el mismo número atómico, y por lo tanto, también la misma cantidad de electrones, de otro modo estaríamos en presencia de iones, no de átomos. En cambio, la cantidad de neutrones puede variar entre átomos de un mismo elemento, dando lugar a la existencia de isótopos.

**Número másico:** es la suma de las cantidades de protones y neutrones en el núcleo de cada átomo.

Una forma usual de expresar estas propiedades es:



donde A es el número másico de un átomo X, y Z es el número atómico.

Los isótopos poseen igual Z y distinto A, ¿Por qué?

Tabla de algunos isótopos

ELEMENTO	SÍMBOLO	Z	A	ABUNDANCIA, %
HIDRÓGENO	${}^1\text{H}$	1	1	99,985
DEUTERIO	${}^2\text{H}$ o D	1	2	0,015
TRITIO	${}^3\text{H}$ o T	1	3	Radiactivo, inestable
CARBONO 12	${}^{12}\text{C}$	6	12	98,90
CARBONO 13	${}^{13}\text{C}$	6	13	1,10
CARBONO 14	${}^{14}\text{C}$	6	14	Radiactivo, inestable

Ya se comentó que la cantidad de protones y electrones para un átomo neutro debe ser la misma, es decir  $p=e$ . En caso contrario estaríamos en presencia de iones, partículas con carga, que, según la cantidad de electrones se dividen en cationes y aniones:

- ▣ **CATIÓN**, si  $p > e$ , ion con carga positiva,  $\text{Na}^+$
- ▣ **ANIÓN**, si  $p < e$ , ion con carga negativa,  $\text{Cl}^-$



**Para resolver**

**Modelo atómico**

1) Complete el siguiente cuadro, utilizando la tabla periódica:

Especie	N° electrones	N° protones	N° neutrones	N° másico	N° atómico
$^{24}\text{Mg}$					
$^{51}\text{V}$					
$^{27}\text{Al}$					
$^{112}\text{Cd}$					
$^{286}\text{Uut}$					
$^{23}\text{Na}^+$					
$^{24}\text{Mg}^{2+}$					
$^{35}\text{Cl}^-$					
$^{16}\text{O}^{2-}$					

Uut: Ununtrium

Un juego online para ir memorizando la ubicación de los elementos en la Tabla Periódica:

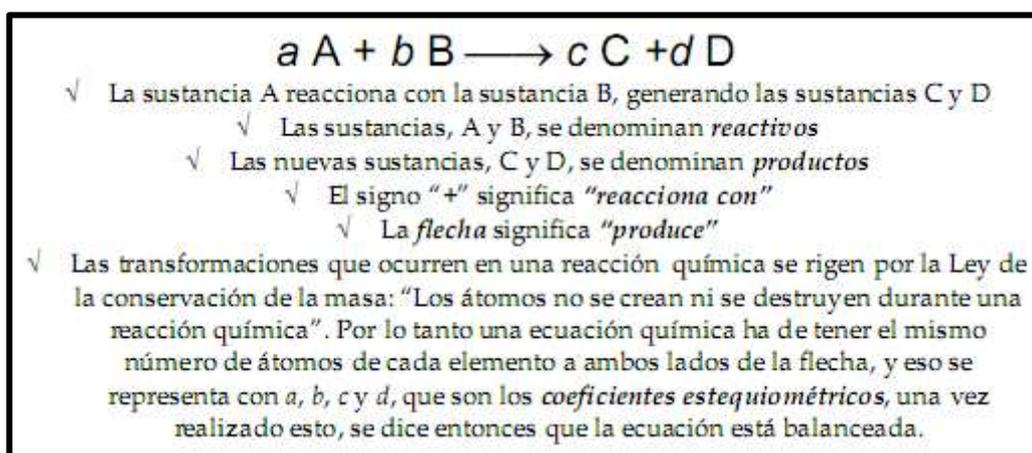
[www.quimitris.com](http://www.quimitris.com)

## 4. LA MATERIA SE TRANSFORMA

### 4.1 Reacciones químicas

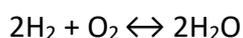
Una **reacción química** es un *proceso en el cual una sustancia (o sustancias) cambia para formar una o más sustancias*. Las mismas deben escribirse en lenguaje químico y para ello se utilizan las **fórmulas químicas**, que *expresan la composición de las moléculas y los compuestos iónicos, por medio de los símbolos químicos*, y las **ecuaciones químicas** en las que se utilizan los símbolos químicos (o fórmulas químicas) para *mostrar qué sucede durante una reacción química*.

La forma genérica de escribir una reacción química es a través de una ecuación química, como la que se muestra a continuación:



Cuando escribimos "H<sub>2</sub>O" en vez de "agua" lo hacemos no sólo por comodidad, sino también para recordar que la sustancia "agua" está formada por moléculas, que a su vez están formadas por la unión de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

Al escribir, por ejemplo

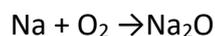


se está representando un fenómeno químico, una transformación de un sistema formado por **cuatro átomos de hidrógeno y dos átomos de oxígeno** que, en su estado original o de reactivos, están en la forma de **dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno**, y en el estado final, o de productos, como **dos moléculas de agua**. La **flecha** separa la descripción del estado inicial de la del estado final, una vez completada la transformación.

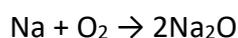
### 4.2 Balanceo de ecuaciones químicas

Observa la importancia de equilibrar o **balancear** las ecuaciones químicas: durante una transformación química no pueden aparecer ni desaparecer átomos, solamente pueden modificar sus uniones químicas.

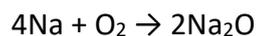
Algunas ecuaciones químicas sencillas pueden igualarse **por tanteo o a simple vista**, por ejemplo:



Tal como se presenta, la ecuación está mal escrita porque en el estado inicial hay dos átomos de oxígeno, y en estado final, uno solo. Si corregimos el *coeficiente estequiométrico* del  $\text{Na}_2\text{O}$ :



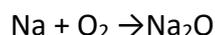
De esta manera efectuamos el balance en masa para el oxígeno, pero no para el sodio, razón por la que debo equilibrarlo. Una vez realizada esta operación, la ecuación correctamente escrita (balanceada) resulta:



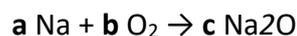
Cabe aclarar que estos coeficientes estequiométricos, pueden ser números enteros o números fraccionarios. Sin embargo, lo adecuado es elegir aquellos números enteros más pequeños que permitan balancear la ecuación, evitando el uso de fracciones.

Algunas ecuaciones parecen más difíciles que otras. Para estos casos, es recomendable utilizar el **método algebraico o analítico** de balanceo, que se plantea como un sistema de ecuaciones lineales, que debe ser resuelto con números enteros.

Para el ejemplo anterior



definimos tres variables a, b y c que corresponden a los coeficientes estequiométricos del sodio, oxígeno y óxido de sodio, respectivamente.



De estos coeficientes sabemos que:

$$\begin{array}{l} a + 0.b = 2.c \quad \text{o} \quad \mathbf{a = 2.c} \\ 0.a + 2.b = c \quad \text{o} \quad \mathbf{2.b = c} \end{array}$$

Porque:

- En c moléculas (unidades) de  $\text{Na}_2\text{O}$  hay el doble de átomos de sodio que en a.

- En  $b$  moléculas de oxígeno hay el doble de átomos de oxígeno que en  $c$  moléculas de  $\text{Na}_2\text{O}$ .
- Se establece de manera arbitraria el valor de uno de los coeficientes, dicho valor generalmente es 1. En nuestro caso asumimos que  $b = 1$ , entonces reemplazando en las ecuaciones obtenemos:  $a = 4$  y  $c = 2$ .

Observe que no hay problema en tomar otra elección, si por ejemplo decidimos  $c = 1$ , entonces  $a = 2$  y  $b = 1/2$ , pero como los coeficientes estequiométricos deben elegirse como los números enteros más pequeños que permitan balancear la ecuación, deberemos multiplicarlos a todos por dos.

### 4.3 Tipos de reacciones

El tipo de reacción que sufrirán los reactivos dependerá de la naturaleza de los mismos y de las condiciones en las que se realice la reacción.

A continuación veremos algunas de las distintas reacciones químicas, que pueden producirse entre las sustancias.

#### 4.3.1 Reacciones de neutralización

Es una reacción entre un ácido y una base. Generalmente, en las reacciones acuosas ácido-base se origina una sal y agua.

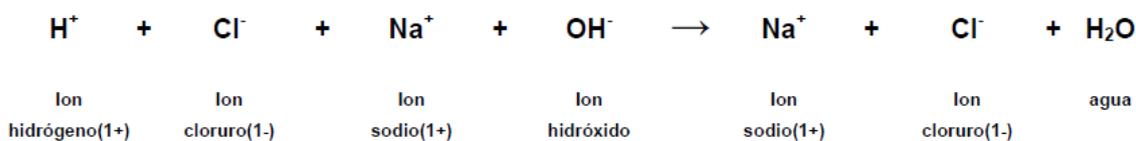
Esquema general de reacción:

Acido	+	base	→	sal	+	agua
-------	---	------	---	-----	---	------

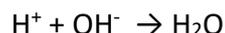
Por ejemplo:

HCl	+	Na(OH)	→	NaCl	+	H <sub>2</sub> O
Acido clorhídrico	+	Hidróxido de sodio	→	Cloruro de sodio	+	agua

En esta reacción tres de los cuatro compuestos involucrados en el fenómeno, son iónicos. Puesto que en solución acuosa no hay NaCl sino  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , podemos escribir la **ecuación iónica**:



donde queda más claro que los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  son podría decirse “espectadores” de la reacción iónica neta



Esta es la única reacción que nos interesa en los fenómenos de neutralización entre ácidos y bases. Podemos decir que la “incautación” o “secuestro” de iones sueltos para formar un compuesto covalente, es la razón por la cual las reacciones de neutralización partiendo de un estado inicial con ácidos y bases llegan a uno final con sales.

#### 4.3.2 Reacciones de precipitación

En las mismas, a partir de reactivos en solución se forma un compuesto insoluble.

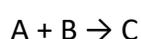
$\text{AgNO}_3$ (ac)	+	$\text{NaCl}$ (ac)	→	$\text{AgCl}$ (s)	+	$\text{NaNO}_3$ (ac)
Nitrato de plata		Cloruro de sodio	→	Cloruro de plata		Nitrato de sodio

#### 4.3.3 Reacciones de oxidación-reducción

En estas reacciones, los elementos que forman las sustancias involucradas cambian su estado de oxidación. En una reacción de este tipo una especie se reduce a expensas de otra que se oxida (proceso simultáneo). La especie que se reduce se denomina oxidante y disminuye su número de oxidación y por lo tanto el elemento considerado gana electrones. La sustancia que se oxida se denomina reductora y aumenta su estado de oxidación, y por lo tanto el elemento considerado pierde electrones. Existen cuatro tipo más comunes de reacciones redox: de combinación, de descomposición, de desplazamiento y de dismutación. Las reacciones de desplazamiento tienen una gran aplicación en la industria.

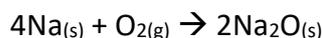
**Reacciones de combinación:** son aquellas en las que dos o más sustancias se combinan para formar un solo producto.

Se puede representar como:



Si cualquiera de los reactivos es un elemento, la reacción es de tipo redox por naturaleza.

Ejemplo:

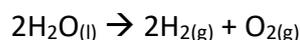


**Reacciones de descomposición:** es la ruptura de un compuesto en dos o más componentes, representa lo opuesto a las reacciones de combinación.

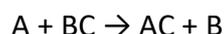


Si alguno de los productos es un elemento, la reacción es redox por naturaleza.

Ejemplo: (descomposición electrolítica)



**Reacciones de desplazamiento:** un ión o átomo de un compuesto se reemplaza por un ión o átomo de otro elemento.



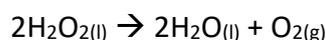
Ejemplo:



La mayoría de las reacciones de desplazamiento se agrupan en tres subcategorías: desplazamiento de hidrógeno, desplazamiento de metal o desplazamiento de halógeno.

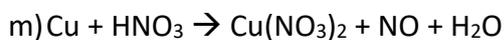
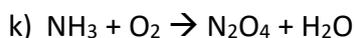
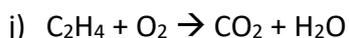
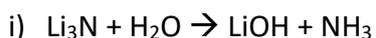
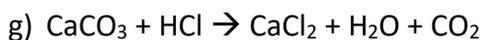
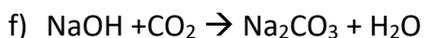
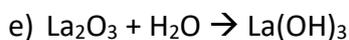
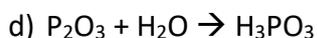
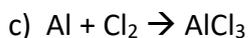
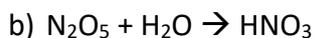
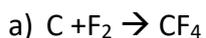
**Reacción de dismutación:** es un tipo especial de reacción redox, en la que un mismo elemento en un estado de oxidación se oxida y reduce simultáneamente. En este tipo de reacciones, un reactivo siempre contiene un elemento que puede tener por lo menos tres estados de oxidación. El reactivo está en un estado de oxidación intermedio.

Ejemplo:



**Para resolver****Balanceo de ecuaciones químicas**

1. Balancee las siguientes ecuaciones químicas por tanteo y/o el método analítico



## ANEXO I

## Razones y proporciones

## Razón

La razón entre dos números  $a$  y  $b$  es el resultado del cociente entre ellos:

$$\frac{a}{b} = r \quad \text{Donde: } a: \text{antecedente} \quad b: \text{consecuente} \quad r: \text{razón}$$

Ejemplo: La razón entre 1 y 2 es 0,5  $\frac{1}{2} = 0,5$

## Proporción

La proporción es la igualdad entre dos razones. Relaciona cuatro números:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$ .

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad \text{Donde: } a \text{ y } d: \text{extremos} \quad b \text{ y } c: \text{medios}$$

Se lee: "a es a b, como c es a d"

Si pasamos los denominadores como factores al miembro opuesto obtenemos una propiedad muy importante de las proporciones: "El producto de los extremos es igual al producto de los medios"

$$a \cdot d = c \cdot b$$

Ejemplo:

La razón entre 1 y 2 es 0,5 y la razón entre 3 y 6 es también 0,5. Podemos escribir la proporción:

$$\frac{1}{2} = \frac{3}{6} \quad (\text{Se lee 1 es a 2, como 3 es a 6}) \quad \text{y se cumple la propiedad: } 1 \cdot 6 = 2 \cdot 3$$

Esta propiedad es muy útil para resolver ecuaciones como ésta:  $\frac{15}{18} = \frac{10}{x}$

$$\rightarrow 15 \cdot x = 10 \cdot 18 \rightarrow x = \frac{180}{15} = 12$$

## EJERCICIO 1

En cada proporción hallar el valor de  $x$ :

$$1) \frac{16}{2} = \frac{56}{x}$$

$$2) \frac{15}{45} = \frac{x}{54}$$

$$3) \frac{x}{12} = \frac{12}{9}$$

$$4) \frac{14}{x} = \frac{10}{25}$$

$$5) \frac{x}{75} = \frac{12}{x}$$

$$6) \frac{16}{x} = \frac{x}{64}$$

## Variables directamente proporcionales e inversamente proporcionales

Dos variables son **directamente proporcionales** cuando cumplen dos condiciones:

- 1) Al aumentar una de las dos variables, la otra aumenta y al disminuir una, la otra disminuye.
- 2) El cociente entre las dos magnitudes correspondientes es siempre constante.

$$\frac{y}{x} = k$$

$$\frac{y_1}{x_1} = k, \quad \frac{y_2}{x_2} = k$$

Se puede escribir, entonces:

$$\frac{y_1}{x_1} = \frac{y_2}{x_2}. \text{ De aquí, reordenando se tiene también: } \frac{y_1}{y_2} = \frac{x_1}{x_2}$$

Dos variables son **inversamente proporcionales** cuando cumplen dos condiciones:

- 1) Al aumentar una de las dos variables, la otra disminuye o viceversa; al disminuir una, la otra aumenta
- 2) El producto entre dos magnitudes correspondientes es siempre constante.

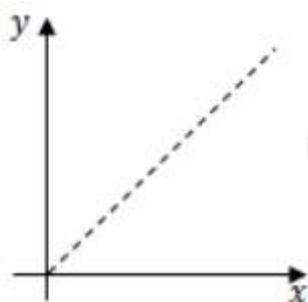
$$y \cdot x = k$$

$$y_1 \cdot x_1 = k; \quad y_2 \cdot x_2 = k$$

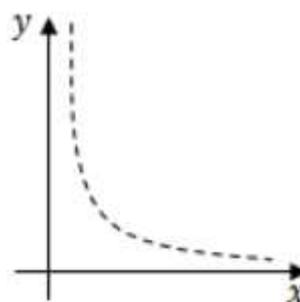
Se puede escribir, entonces:  $y_1 \cdot x_1 = y_2 \cdot x_2$  De aquí, reordenando se tiene también:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{x_2}{x_1}$$

Los gráficos permiten visualizar con rapidez el comportamiento de cantidades relacionadas:



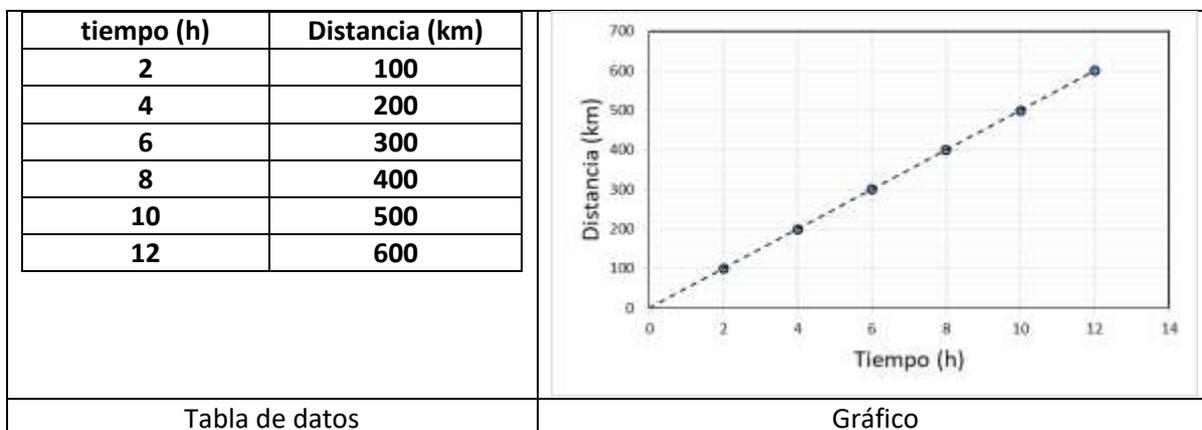
Los puntos del gráfico que representan la relación entre dos magnitudes **directamente** proporcionales están sobre una línea recta que pasa por el punto de coordenadas (0; 0).



Los puntos del gráfico que representan la relación entre dos magnitudes **inversamente** proporcionales están sobre una línea curva llamada hipérbola.

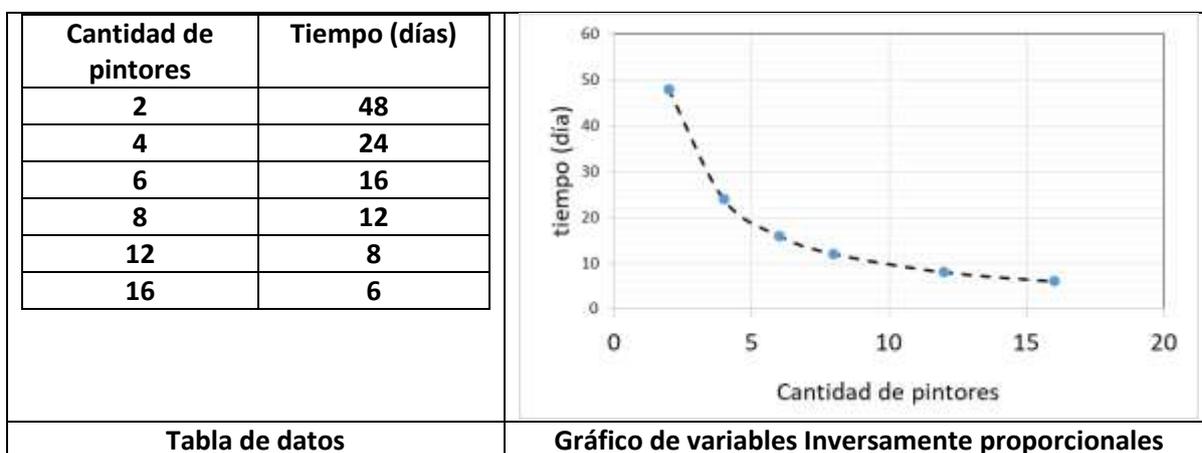
**EJEMPLOS**

La tabla muestra cómo varía la distancia que recorre un automóvil que avanza con velocidad constante a medida que transcurre el tiempo. Observe el gráfico de esas magnitudes que son directamente proporcionales.



En todos los puntos se cumple  $\frac{y}{x} = k$   $\left( \frac{\text{Distancia}}{\text{tiempo}} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$

La tabla muestra cómo varía el tiempo en que se pinta un edificio cuando cambia la cantidad de pintores que trabajan, todos con el mismo ritmo. Observe el gráfico de esas magnitudes que son inversamente proporcionales.



En todos los puntos se cumple  $y \cdot x = k$  (Cantidad de pintores · tiempo = 96 pintores · d)

**EJERCICIO 2**

Indique cuáles de las siguientes tablas corresponden a relaciones de proporcionalidad directa entre las variables involucradas.

**(a)**

x	y
2	3,0
5	7,5
6	9,0

**(b)**

x	y
1,5	4,5
2,0	6,0
3,0	9,0

**(c)**

x	y
3	4
2	3
4	5

**COCIENTE DE UNIDADES CON SIGNIFICADO FÍSICO.**

En nuestra asignatura y en muchas otras se encontrará reiteradamente con relaciones de proporcionalidad directa entre dos variables. En el ejemplo del gráfico de proporcionalidad directa, la constante encontrada corresponde a la velocidad. Otro ejemplo, verá que en ciertas condiciones la masa (m) de una sustancia guarda ese tipo de relación con su volumen (V). El cociente entre ambas variables se mantendrá constante. Suponga que la tabla que sigue indica la relación entre m y V para el agua en ciertas condiciones de temperatura y presión:

m (g)	1,996	2,994	3,992
V (mL)	2,000	3,000	4,000

Se puede corroborar que los cocientes (también llamados relaciones o razones) m/V se mantienen constantes en el transcurso de la experiencia (0,998 g/mL), como debe ser. La relación m/V es la densidad de esta sustancia.

**EJERCICIO 3**

Leer atentamente los enunciados de las siguientes leyes y completar según corresponda. Utilizar los símbolos que están entre paréntesis.

a) La iluminación (E) de una superficie es directamente proporcional a la intensidad (I) del foco luminoso, a una distancia constante,

entonces  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1}{I_2}$ .

b) La iluminación (E) de una superficie es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia ( $d^2$ ) que separa a la superficie del foco luminoso, si se mantiene constante la intensidad.

entonces  $E_1 d_1^2 = E_2 d_2^2$ .

c) La longitud de onda ( $\lambda$ ) es directamente proporcional al período (T) de la onda, a velocidad constante.

entonces  $\lambda_1 T_1 = \lambda_2 T_2$ .

d) La presión (P) y el volumen (V) de los gases son inversamente proporcionales, a temperatura y masa constante.

$$P_1 \dots\dots = \dots\dots\dots$$

Respuestas a los ejercicios:

Ejercicio 1: Valores de x

- |          |           |           |           |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1) x = 7 | 2) x = 18 | 3) x = 16 | 4) x = 35 |
|          | 5) x = 30 | 6) 32     |           |

Ejercicio 2:

- a) Proporcionalidad directa ( $\frac{y}{x} = k$  En todos los puntos k= 1,5)
- b) Proporcionalidad directa ( $\frac{y}{x} = k$  En todos los puntos k= 3)
- c) No hay proporcionalidad directa ( $\frac{y}{x}$  no es constante para todos los puntos)

Ejercicio 3:

a)  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1}{I_2}$

b)  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{(d_2)^2}{(d_1)^2}$

c)  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{T_1}{T_2}$  ó  $\frac{\lambda_1}{T_1} = \frac{\lambda_2}{T_2}$

d)  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$  o  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$

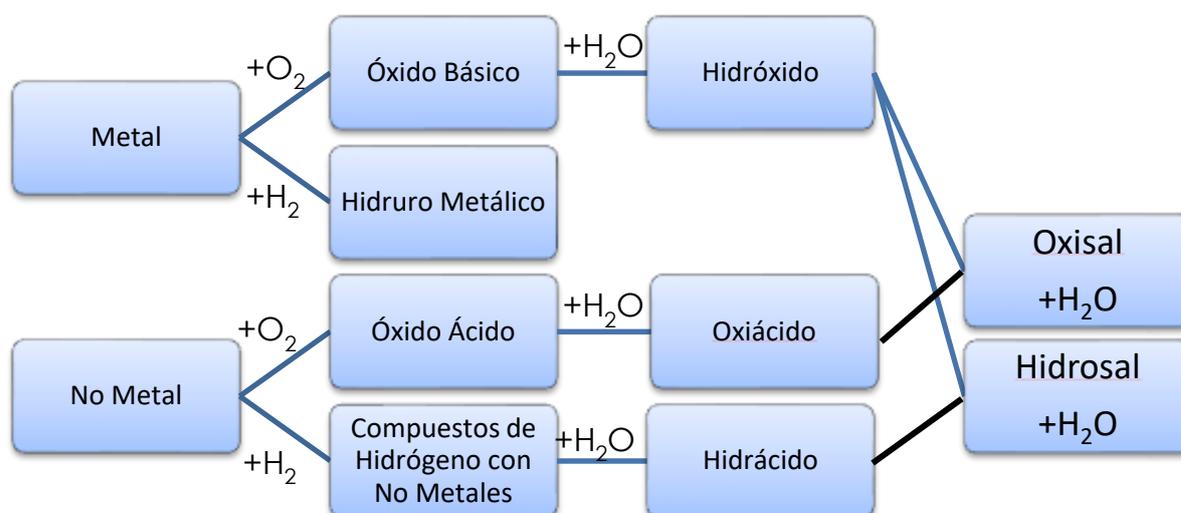
## 5. ¿CÓMO SE ESCRIBE?

Antes de iniciar el estudio de la formación de compuestos deberás tener a mano la **TABLA PERIÓDICA** y conocer cómo se escriben los elementos, es decir qué símbolos se utilizan. Por ejemplo el Sodio se simboliza Na la primera letra se escribe con mayúscula y la segunda con minúscula. Te invitamos a que ubiques en la tabla periódica a los metales, no metales, gases nobles y que prestes atención a cómo se ordenan.

La enorme cantidad de compuestos que maneja la Química hace imprescindible la existencia de un conjunto de reglas que permitan nombrar un mismo compuesto de igual manera en todo el mundo científico. La escritura de cualquier sustancia en esa especie de clave constituye su fórmula y da lugar a un modo de expresión peculiar de la Química que, con frecuencia, se le denomina lenguaje químico.

La formulación de un compuesto, al igual que su nomenclatura (esto es, la transcripción de su fórmula en términos del lenguaje ordinario), se rige por determinadas normas. Un organismo internacional, la I.U.P.A.C. (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), ha dictado reglas para la formulación y nomenclatura de las sustancias químicas. A continuación, desarrollaremos algunas de ellas, necesarias para comenzar cualquier curso de introducción a la Química.

El siguiente es un esquema de general de formación de compuestos químicos, que comprenderás mejor al ir avanzando en el estudio de este capítulo:



### 5.1 Estado de oxidación

Una propiedad surgida de la teoría atómica es el **estado de oxidación** que indica la capacidad de un elemento de combinarse. Los átomos tienen tantos electrones como protones, los electrones de todos los átomos de cada elemento están distribuidos de un mismo modo. Esta manera de distribuirse genera una periodicidad similar a la encontrada por Mendeleiev (1834-1907) en las propiedades químicas de los elementos.

De forma general y a efectos de formulación, a cada elemento dentro de un compuesto se le asigna un **número positivo o negativo denominado índice, número o grado de oxidación** (denominado anteriormente como valencia). Dicho índice, que **puede considerarse como el número de electrones perdidos o ganados en el ion correspondiente** (en el supuesto de que todos los compuestos fueran iónicos) tiene, no obstante, un carácter fundamentalmente operativo, pues sirve para deducir con facilidad las fórmulas de las diferentes combinaciones posibles.

Cuando se analiza con detenimiento se advierte la existencia de ciertas relaciones entre el índice de oxidación de un elemento y su posición en el sistema periódico de modo que es posible deducir las siguientes reglas básicas:

- En los **elementos libres, no combinados, cada átomo tiene un número de oxidación de cero**. Así, por ejemplo cada átomo de potasio (K), Sodio (Na), Berilio (Be) tienen número de oxidación cero. Lo mismo ocurre en las **moléculas libres** como el oxígeno ( $O_2$ ), el hidrógeno ( $H_2$ ), el nitrógeno ( $N_2$ ), donde **su número de oxidación es cero**.
- Para **iones monoatómicos, el número de oxidación es igual a la carga del ion**. Así, por ejemplo,  $Na^+$  tiene número de oxidación +1; el ion  $Fe^{2+}$ , +2; el ion  $F^-$ , -1. Todos los **metales alcalinos** tienen número de oxidación +1, y todos los alcalinos térreos tienen número de oxidación +2 en sus compuestos.
- El número de oxidación del **oxígeno** en la mayoría de los compuestos es -2, excepto en los **peróxidos**, en el que el ion peróxido ( $O_2^{2-}$ ) es -1.
- El número de oxidación del **Hidrógeno** cuando está combinado es +1, excepto cuando está enlazado con metales en compuestos binarios (hidruros metálicos), cuyo número de oxidación es -1.
- Los **metales** cuando están combinados, siempre tienen estado de oxidación **positivo**.
- Los **halógenos** cuando están combinados con otro elemento menos electronegativo que ellos en un compuesto binario, actúan con nº de oxidación -1.
- En un **ion poliatómico**, la suma de los números de oxidación de todos los elementos debe **ser igual a la carga del ion**.

**Por ejemplo:** sabiendo que la fórmula del ion sulfato ( $\text{SO}_4$ )<sup>2-</sup> y el número de oxidación del oxígeno es -2, podemos calcular el número de oxidación del azufre (que llamaríamos x); haciendo la siguiente suma algebraica:

$$1 \cdot x + 4 \cdot (-2) = -2 \rightarrow x = 6$$

De esta manera podemos ver que el número de oxidación para el azufre en el ion ( $\text{SO}_4$ )<sup>2-</sup>, es +6.

- En una **molécula neutra**, la suma de los números de oxidación de todos los átomos debe ser cero.

**Por ejemplo:** sabiendo la fórmula para el compuesto  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Sabemos que el número de oxidación del hidrógeno es +1, la del oxígeno -2 y la del azufre (ver ejemplo anterior) es +6, podemos comprobar el enunciado de la siguiente manera:

$$2 \cdot (+1) + 6 + 4 \cdot (-2) = 0$$

- Los números de oxidación pueden no ser números enteros. Por ejemplo el oxígeno en los superóxidos ( $\text{O}_2^-$ ) es  $-\frac{1}{2}$ .

## 5.2 Nomenclatura de iones

Un ion es un átomo o grupo de átomos que posee carga eléctrica. Los iones con carga positiva, como el  $\text{K}^+$  (potasio), se denominan **cationes** y los que tienen carga negativa, como  $\text{F}^-$  (fluoruro), se denominan **aniones**. El que un átomo tenga tendencia a perder o ganar electrones depende de su propia naturaleza. Por ejemplo, los metales generalmente pierden electrones en el curso de reacción para formar cationes, mientras que los no metales con frecuencia ganan electrones en el curso de reacción para generar aniones.

De acuerdo a las normas IUPAC los iones se clasifican en seis categorías:

**1. Cationes monoatómicos:** proceden de átomos que han perdido electrones. Cuando se use el número de oxidación en el nombre de la sustancia, este deberá darse en números romanos encerrado entre paréntesis y escrito inmediatamente al lado del nombre del elemento sin dejar espacio. Por ejemplo, está bien escrito ion cobre(II) y mal escrito cobre (II). Si se utiliza la carga del ion este debe escribirse entre paréntesis primero el número y luego el signo inmediatamente al lado del nombre del elemento sin dejar espacio. Por ejemplo, está bien escrito ion cobre(2+) y mal escrito ion cobre (2+).

En las normas IUPAC, no se menciona la posibilidad de omitir el número de carga cuando no existe ambigüedad. Así que el catión  $\text{Na}^+$  tiene el nombre de sodio(1+).

Fórmula	Nombre
$\text{H}^+$	Ion hidrógeno(I) o Ion hidrógeno(1+)
$\text{Fe}^{3+}$	Ion hierro(III) o Ion hierro(3+)
$\text{K}^+$	Ion potasio(I) o Ion potasio(1+)

**2. Cationes homopoliatómicos:** estos cationes están formados por la unión de varios átomos de un mismo elemento. Su nombre se constituye añadiendo un prefijo multiplicador al nombre del elemento y luego se añade al número de carga. Por ejemplo  $\text{Hg}_2^{2+}$ , cuyo nombre es dimercurio(2+).

**3. Cationes heteropoliatómicos:** están formados por la unión de átomos de dos elementos distintos. Por ejemplo, el amoníaco; que dispone de electrones libres, no compartidos. Estos compuestos se unen al catión hidrógeno, para dar una especie cargada positivamente. Para nombrar estas especies cargadas debe añadirse la terminación **-onio**, tal como se ve en los siguientes ejemplos:

Fórmula	Nombre
$\text{NH}_4^+$	Ion amonio
$\text{H}_3\text{O}^+$	Ion hidronio

**4. Aniones monoatómicos:** proceden de átomos que aceptan electrones. Se nombran modificando el nombre del elemento del que proceden y se le añade la terminación **-uro**. La excepción es el oxígeno que cambia a **óxido**.

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
$\text{H}^-$	Hidruro(1-), hidruro	$\text{O}^{2-}$	Óxido(2-), óxido
$\text{Cl}^-$	Cloruro(1-), cloruro	$\text{As}^{3-}$	Arsenuro(3-), arseniuro
$\text{I}^-$	Yoduro(1-), yoduro		

**5. Aniones homopoliatómicos:** están formados por dos o más átomos de un mismo elemento. La carga eléctrica se considera que pertenece al conjunto. Se nombran añadiendo el número de carga al nombre modificado con la terminación **-uro** y añadiendo los prefijos multiplicadores que correspondan. Siendo el oxígeno una excepción.

Fórmula	Nombre sistemático	Nombre aceptado
$\text{O}_2^-$	Dióxido(1-)	Superóxido
$\text{O}_2^{2-}$	Dióxido(2-)	Peróxido
$\text{I}_3^-$	Triyoduro(1-)	---
$\text{C}_2^{2-}$	Dicarburo(2-)	Acetiluro
$\text{S}_2^{2-}$	Disulfuro(2-)	----

**6. Aniones heteropoliatómicos:** estos aniones están formados por la unión de átomos de dos o más elementos diferentes. Uno de los más importantes es el anión  $(\text{OH})^-$  ó  $(\text{HO})^-$  que se llama **hidróxido**.

### 5.3 Formulación y nomenclatura de compuestos químicos inorgánicos

Para realizar las fórmulas de un compuesto químico, se escriben juntos los símbolos de los átomos y un número al lado derecho en posición subíndice. Este número indica la cantidad de átomos de ese elemento que hay en una molécula del compuesto.

**Ejemplo:** Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, es una sustancia que contiene hierro y oxígeno en proporción 2:3.

Cuando un número afecta a más de un átomo se utiliza paréntesis.

**Ejemplo:** Ca(OH)<sub>2</sub>, es una sustancia que contiene calcio, oxígeno e hidrógeno y se encuentran en la proporción 1:2:2.

En el caso que una sustancia no sea neutra y haya que escribir la carga, se debe escribir en primer lugar el número y luego el signo positivo “+” o negativo “-“. Por convención, el número 1 no se escribe, sino que solamente se expresa el signo “+” o “-“. Para indicar que la carga corresponde a un conjunto de átomos (y no a uno de sus átomos componentes en particular), se utilizan los paréntesis.

**Ejemplos:**

<b>Bien escrito</b>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<i>Mal escrito</i>	Na <sup>1+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Cl <sup>1-</sup>	S <sup>-2</sup>	(NO <sub>3</sub> ) <sup>1-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>

El estado de agregación puede indicarse usando **(s)** para sólido, **(l)** para líquido, **(g)** para gas y **(ac)** para disuelto en agua. Si se indica el estado de agregación, el mismo debe escribirse inmediatamente al lado de la fórmula sin dejar espacios.

**Ejemplo:** NaCl(s) está bien escrito y NaCl (s) está mal escrito.

Para dar nombre a los compuestos binarios (formados sólo por dos elementos) se siguen las reglas establecidas por la IUPAC: uno de los elementos se clasifica como el constituyente **electropositivo** (en la fórmula debe estar escrito en primer lugar pero se nombra último) y generalmente está constituido por un metal (en óxidos básicos y sales), el hidrógeno (en los ácidos) o un no metal (en los óxidos ácidos) combinado con otro no metal más **electronegativo** (en la fórmula debe estar escrito en segundo lugar y se nombra en primer lugar), como el oxígeno, el azufre o los halógenos.

#### - Nomenclatura tradicional

Utiliza sufijos de acuerdo al número de oxidación del elemento electropositivo

En óxidos y ácidos		En las sales
Hipo...oso	Menor de todos los nº de oxidación	Hipo...ito
...oso	Nº de oxidación menor	...ito
...ico	Nº de oxidación mayor o único	...ato
Per...ico	Mayor de todos los nº de oxidación	Per...ato

- **Nomenclatura moderna**

○ **Nomenclatura según atomicidad**

Consiste en indicar, mediante el uso de prefijos griegos el número de átomos de cada elemento incluido en la fórmula.

Mono	1	Penta	5	Nona	9
Di	2	Hexa	6	Deca	10
Tri	3	Hepta	7		
tetra	4	Octa	8		

○ **Nomenclatura según numeral de "Stock"**

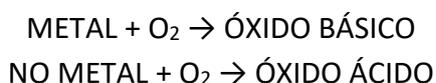
Utiliza números romanos para indicar el estado de oxidación de cada elemento escritos entre paréntesis y escrito inmediatamente al lado del nombre del elemento sin dejar espacios. Por ejemplo, está bien escrito cloruro de cobre(II) y mal escrito cloruro de cobre (II). Para aquellos elementos que presentan un único número de oxidación, no es necesario indicarlo.

### 5.3.1 Óxidos básicos y óxidos ácidos

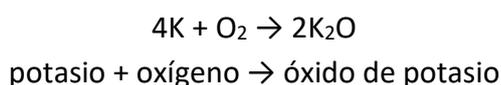
Los compuestos binarios del oxígeno reciben el nombre de **óxidos**, y dependiendo con qué elemento se combine puede **originar óxidos ácidos (si se combina con un no metal)** u **óxidos básicos (si se combina con un metal)**.

El oxígeno en los óxidos posee estado de oxidación -2.

El esquema general de formulación de los óxidos básicos y ácidos es el siguiente:

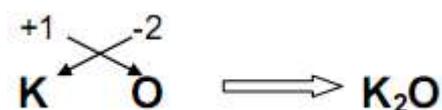


**Ejemplo:**



Al escribir la ecuación química debes recordar realizar el balance en masa. Para escribirlos en términos de fórmula química debes escribir siempre a la izquierda el elemento más electropositivo, procediendo luego a intercambiar los estados de oxidación del oxígeno (-2) con el estado de oxidación del otro elemento.

En el ejemplo, el potasio pertenece a los metales alcalinos y tiene un estado de oxidación +1.



Como podrás ver si uno de los elementos tiene estado de oxidación +1 no se coloca, y al realizar el intercambio de estados de oxidación se toma el valor absoluto del mismo, sin considerar el signo.

Para nombrarlos se antepone la palabra ÓXIDO al nombre del elemento.

**Ejemplos:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  óxido de aluminio       $\text{Na}_2\text{O}$  óxido de sodio

En los ejemplos, los elementos que acompañan en cada caso al oxígeno poseen un solo estado de oxidación. El estado de oxidación del Al es +3 y el Na es +1. Por dicha razón cuando se habla del óxido de aluminio no hay duda sobre qué óxido se nombra. Pero si el elemento que forma el óxido tuviera dos o más estados de oxidación la nomenclatura debería permitir dejar en claro con qué estado de oxidación está actuando dicho elemento, al formar cada óxido. Y así ocurre.

¿Cómo se nombran los óxidos cuando el elemento que acompaña al oxígeno posee 2 estados de oxidación?

Según la nomenclatura tradicional, para nombrarlos se antepone la palabra **ÓXIDO**, seguido por: raíz del nombre del elemento + terminación **OSO** o **ICO**. Debe advertirse que algunas de estas raíces tienen un cambio bastante significativo con respecto al nombre que leemos en la Tabla Periódica. Para comprender dicho cambio se agrega la siguiente tabla:

Nombre del elemento	Raíz del nombre del elemento
Azufre	Sulfur
Cobre	Cupr
Estaño	Están
Hierro	Ferr
Oro	Aur
Plomo	Plumb

FeO óxido ferroso  
 CuO óxido cúprico  
 SO<sub>2</sub> óxido sulfuroso

Terminación **OSO**: indica que el elemento está usando el **menor estado de oxidación**.

Terminación **ICO**: indica que el elemento está usando el **mayor estado de oxidación**.

¿Cómo se nombran los óxidos cuando el elemento que acompaña al oxígeno posee 4 estados de oxidación?

Fórmula	Estado de oxidación del CLORO	Nombre del óxido
Cl <sub>2</sub> O	I	óxido hipocloroso
Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	III	óxido cloroso
Cl <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	IV	óxido clórico
Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	VII	óxido perclórico

**Ejemplos:**

Fórmula	Nombre tradicional	Nomenclatura moderna	
		Nombre de Stock	Nombre según atomicidad
Li <sub>2</sub> O	Óxido de litio	Óxido de litio(I)	Monóxido de dilitio
CaO	Óxido de calcio	Óxido de calcio(II)	Monóxido de calcio
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido férrico	Óxido de hierro(III)	Trióxido de dihierro
Cu <sub>2</sub> O	Óxido cuproso	Óxido de cobre(I)	Monóxido de dicobre

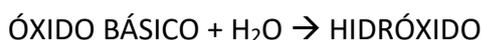
**5.3.2 Hidróxidos**

Presentan la fórmula general:

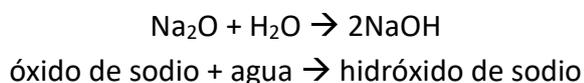


donde X es normalmente un metal, aunque a veces puede ser también un metal de transición con un estado de oxidación bajo.

El esquema general de formulación de los hidróxidos es el siguiente:



**Ejemplo:**



Estos compuestos están formados por la combinación del anión hidróxido (OH)<sup>-</sup> con diversos cationes.

Se escribe primero el símbolo del catión y luego el del hidróxido. Se colocan subíndices al lado de cada símbolo siguiendo las indicaciones de los prefijos multiplicadores. En caso de que el subíndice fuese 1, no se escribe el número uno ni se escribe el paréntesis.

Para nombrarlos, se reemplaza la palabra **ÓXIDO**, del nombre del óxido ácido del cual provienen, por la palabra **HIDRÓXIDO**.

**Ejemplos:**

Fórmula	Nombre tradicional	Nombre de Stock
LiOH	Hidróxido de litio	Hidróxido de litio(I)
Ba(OH) <sub>2</sub>	Hidróxido de bario	Hidróxido de bario(I)
Fe(OH) <sub>2</sub>	Hidróxido ferroso	Hidróxido de hierro(II)
Fe(OH) <sub>3</sub>	Hidróxido férrico	Hidróxido de hierro(III)
Cr(OH) <sub>2</sub>	Hidróxido cromoso	Hidróxido de cromo(II)

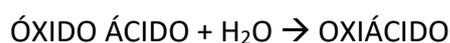
### 5.3.3 Oxiácidos

Presentan la fórmula general:



donde X es normalmente un no metal, aunque a veces puede ser también un metal de transición con un estado de oxidación elevado.

El esquema general de formulación de los oxiácidos es el siguiente:



**Ejemplo:**



óxido hipocloroso + agua → ácido hipocloroso

Si se utiliza la nomenclatura tradicional, se reemplaza la palabra **ÓXIDO** del nombre del óxido ácido del cual provienen, por la palabra **ÁCIDO**.

Fórmula	Nombre tradicional	Nomenclatura moderna	
		Nombre de Stock	Nombre según atomicidad
HOCl = HClO	Ácido hipocloroso	Clorato(I) de hidrógeno	Monoxoclorato de monohidrógeno
HO <sub>2</sub> Cl = HClO <sub>2</sub>	Ácido cloroso	Clorato(III) de hidrógeno	Dioxoclorato de monohidrógeno
HO <sub>3</sub> Cl = HClO <sub>3</sub>	Ácido clórico	Clorato(V) de hidrógeno	Trioxoclorato de monohidrógeno
HO <sub>4</sub> Cl = HClO <sub>4</sub>	Ácido perclórico	Clorato(VII) de hidrógeno	Tetraoxoclorato de monohidrógeno

### Otros oxiácidos

Existen oxiácidos en los que participan elementos como por ejemplo P, As y Sb, los cuales tienen el mismo número de oxidación pero de acuerdo a la cantidad de agua con la que se combina el óxido que da lugar a su formación, pueden ser:

Ejemplos	Nombre tradicional
$P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2 HPO_3$	Ácido <b>meta</b> fosfórico
$P_2O_5 + 2 H_2O \rightarrow H_4P_2O_7$	Ácido <b>piro</b> fosfórico
$P_2O_5 + 3 H_2O \rightarrow 2 H_3PO_4$	Ácido <b>orto</b> fosfórico

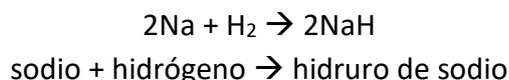
### 5.3.4 Hidruros metálicos

Las combinaciones del hidrógeno con estado de oxidación **-1**, con metales se denominan hidruros metálicos.

El esquema general de formulación de los hidruros metálicos es el siguiente:



**Ejemplo:**



Para nombrarlos se antepone la frase "**HIDRURO**" al nombre del **METAL**.

**Ejemplos:**

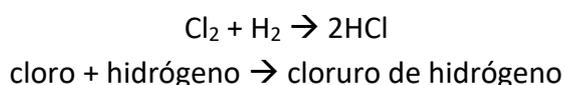
Fórmula	Nombre tradicional	Nombre de Stock
$CuH_2$	Hidruro cúprico	Hidruro de cobre(II)
$MgH_2$	Hidruro de magnesio	Hidruro de magnesio(II)
$NiH_3$	Hidruro níquelico	Hidruro de níquel(III)
$AlH_3$	Hidruro de aluminio	Hidruro de aluminio(III)

### 5.3.5 Compuestos de hidrógeno con No metales

Las combinaciones del hidrógeno con estado de oxidación **+1** con no metales como F, Cl, Br, I (halógenos), se denominan halogenuros y con S, sulfuros.



**Ejemplo:**



Para nombrarlos se agrega la terminación **"URO"** al nombre del **NO METAL**, seguido por la frase **"DE HIDRÓGENO"**

**Ejemplos:**

- HF fluoruro de hidrógeno
- HI ioduro de hidrógeno
- HBr bromuro de hidrógeno
- HCl cloruro de hidrógeno
- H<sub>2</sub>S sulfuro de hidrógeno

Las combinaciones binarias del hidrógeno con oxígeno, nitrógeno, fósforo, arsénico, antimonio, carbono y silicio tienen nombres comunes:

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
NH <sub>3</sub>	Amoníaco	SiH <sub>4</sub>	Silano
PH <sub>3</sub>	Fosfano	AsH <sub>3</sub>	Arsano
SbH <sub>3</sub>	Estibano	CH <sub>4</sub>	Metano

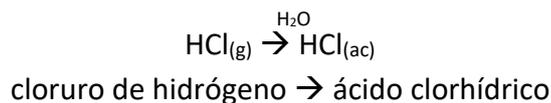
**5.3.6 Hidrácidos**

Los compuestos de hidrógeno con no metales, al disolverse en agua, dan soluciones ácidas por lo que se los denomina hidrácidos.

El esquema general de formulación de los hidrácidos es el siguiente:



**Ejemplo:**



Se antepone la palabra **"ÁCIDO"** seguida por la **"raíz del nombre elemento"** con terminación **"HÍDRICO"**

Al ser halogenuros/sulfuros de hidrógeno en solución acuosa, se usa la misma fórmula química agregando la abreviatura de solución acuosa (ac).

**Ejemplos:**

- HF<sub>(ac)</sub> ácido fluorhídrico
- HI<sub>(ac)</sub> ácido yodhídrico
- HBr<sub>(ac)</sub> ácido bromhídrico
- HCl<sub>(ac)</sub> ácido clorhídrico
- H<sub>2</sub>S<sub>(ac)</sub> ácido sulfhídrico

### 5.3.7 Sales

Se constituyen con aniones provenientes de ácidos (oxiácidos o hidrácidos) y cationes provenientes de hidróxidos. El esquema general de formación de las sales es el siguiente:



Se nombran primero con el nombre del anión seguido del nombre del catión.

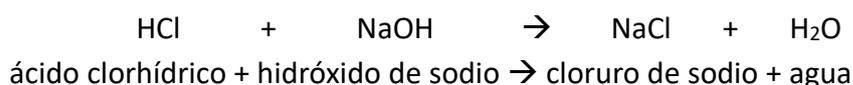
#### **Sales binarias o hidrosales**

Si el anión procede de un hidrácido, genera sales binarias (formadas sólo por átomos de dos elementos: un metal y un no metal) o hidrosales.

El esquema general de formación de las sales binarias es el siguiente:



#### **Ejemplos:**



Para formularlas se escribe a la izquierda el símbolo del metal, por ser el elemento más electropositivo. Para nombrarlas se le añade al nombre del no metal el sufijo -uro.

#### **Ejemplos:**

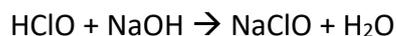
Fórmula	Nombre tradicional	Nombre de stock	Nombre según atomicidad
<b>CaF<sub>2</sub></b>	Fluoruro de calcio	Fluoruro de calcio(II)	Difluoruro de calcio
<b>FeCl<sub>3</sub></b>	Cloruro férrico	Cloruro de hierro(III)	Tricloruro de hierro
<b>CuBr<sub>2</sub></b>	Bromuro cúprico	Bromuro de cobre(II)	Dibromuro de cobre
<b>MnS</b>	Sulfuro manganoso	Sulfuro de manganeso(II)	Monosulfuro de manganeso

#### **Sales ternarias u oxisales**

Si el anión procede de un oxiácido, genera sales ternarias (formadas por átomos de tres elementos: un metal, un no metal y OXÍGENO) u oxisales.

El esquema general de formación de las oxisales es el siguiente:



**Ejemplos:**

ácido hipocloroso + hidróxido de sodio  $\rightarrow$  hipoclorito de sodio + agua

Debemos recordar que, según la nomenclatura tradicional, los aniones llevan los sufijos hipo...ito, ...ito, ...ato y per...ato según del ácido del que procedan. Para nombrar las sales se debe tomar el nombre del anión (que proviene del ácido) y añadirle detrás el nombre del catión (que proviene del hidróxido).

**Ejemplos:**

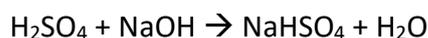
Sal	Nombre tradicional	Nomenclatura moderna	
		Nombre de Stock	Nombre según atomicidad
NaClO	Hipoclorito de sodio	Clorato(I) de sodio	Monoxoclorato de sodio
NaClO <sub>2</sub>	Clorito de sodio	Clorato(III) de sodio	Dioxoclorato de sodio
NaClO <sub>3</sub>	Clorato de sodio	Clorato(V) de sodio	Trioxoclorato de sodio
NaClO <sub>4</sub>	Perclorato de sodio	Clorato(VII) de sodio	Tetroxoclorato de sodio
FeSO <sub>3</sub>	Sulfito ferroso	Sulfato(IV) de hierro(II)	Trioxosulfato de monohierro
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfato de potasio	Sulfato(VI) de potasio	Tetroxosulfato de dipotasio

**5.3.7.1 Sales neutras**

Este tipo de sales se obtiene cuando todos los hidrógenos del ácido son reemplazados por el metal proveniente de la base. Esto sucede en los casos antes mencionados.

**5.3.7.2 Sales ácidas**

Se forman cuando reacciona una base con un ácido y se neutralizan parcialmente los hidrógenos sustituibles del ácido. Los ácidos involucrados deben tener dos o más hidrógenos sustituibles en sus moléculas, quedando uno o más de ellos en la estructura de la sal.

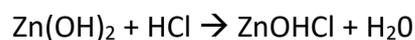
**Ejemplos:**

Fórmula	Nombre tradicional
NaHSO <sub>4</sub>	Sulfato ácido de sodio
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Fosfato ácido de potasio
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato diácido de potasio
NaHCO <sub>3</sub>	Carbonato ácido de sodio
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Carbonato ácido de calcio

### 5.3.7.3 Sales básicas

Se originan cuando se reemplazan los aniones hidroxilos de una base por aniones de un ácido. Las bases podrán formar este tipo de sales si poseen dos o más hidroxilos.

**Ejemplos:**



Fórmula	Nombre tradicional
ZnOHCl	Cloruro básico de cinc
$(\text{Cu(OH)})_2\text{SO}_4$	Sulfato básico cúprico

### 5.3.8 Peróxidos y peroxiácidos

La formación de estos compuestos se debe a la posibilidad que tiene el oxígeno de enlazarse consigo mismo para formar el **grupo peroxo**.

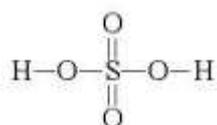


Este grupo da lugar a **peróxidos** como:

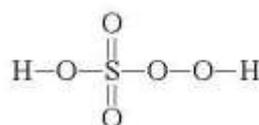
$\text{H}_2\text{O}_2$	Peróxido de hidrógeno
$\text{Li}_2\text{O}_2$	Peróxido de litio
$\text{Na}_2\text{O}_2$	Peróxido de sodio
$\text{BaO}_2$	Peróxido de bario
$\text{CuO}_2$	Peróxido de cobre(II)
$\text{ZnO}_2$	Peróxido de zinc

Este grupo peroxo se puede presentar también en ciertos ácidos que se denominan **peroxoácidos**.

**Ejemplo:**



Acido sulfúrico



Acido peroxosulfúrico



### Para resolver

#### Números de oxidación

- 1) Calcule el número de oxidación del arsénico en el compuesto  $\text{As}_2\text{O}_5$ .
- 2) Calcule el número de oxidación del manganeso en  $\text{KMnO}_4$ .
- 3) Indique cuál es el número de oxidación de cada elemento en los siguientes compuestos:  $\text{FeO}$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{Li}_2\text{O}$ ;  $\text{NH}_3$ .
- 4) ¿Cuál es el número de oxidación del nitrógeno en  $(\text{NO}_3)^-$  y  $(\text{NO}_2)^-$ ?

#### Óxidos

- 5) Da el nombre tradicional y el nombre según numeral de Stock para:
 

a) $\text{MgO}$	b) $\text{MnO}_2$	c) $\text{Al}_2\text{O}_3$	d) $\text{Sb}_2\text{O}_3$	e) $\text{Au}_2\text{O}$
-----------------	-------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------
- 6) Escribe la fórmula de:
 

a) óxido de mercurio(I)	b) óxido de oro(III)	c) óxido cúprico
d) óxido de plomo(IV)	e) dióxido de carbono	f) óxido platínico
g) trióxido de azufre	h) trióxido de difósforo	

#### Hidróxidos

- 7) Escribe el nombre tradicional y según numeral de Stock de los siguientes hidróxidos:
 

a) $\text{Cu}(\text{OH})_2$	b) $\text{Fe}(\text{OH})_2$	c) $\text{Fe}(\text{OH})_3$	d) $\text{Hg}(\text{OH})_2$	e) $\text{Ba}(\text{OH})_2$
f) $\text{Au}(\text{OH})_3$	g) $\text{Pb}(\text{OH})_4$	h) $\text{Cr}(\text{OH})_2$	i) $\text{Sn}(\text{OH})_4$	j) $\text{Sn}(\text{OH})_2$
- 8) Da el nombre y la fórmula del producto de la reacción de los siguientes óxidos de metales con el agua:
  - a)  $\text{K}_2\text{O} + \dots \rightarrow \dots$
  - b)  $\text{Na}_2\text{O} + \dots \rightarrow \dots$
- 9) Da el nombre según numeral de Stock y la fórmula del producto de la reacción de los siguientes óxidos de metales con el agua:
 

a) $\text{BaO}$	b) $\text{CaO}$	c) $\text{Al}_2\text{O}_3$	d) $\text{Na}_2\text{O}$	e) $\text{FeO}$	f) $\text{CrO}$
-----------------	-----------------	----------------------------	--------------------------	-----------------	-----------------

#### Ácidos y sales

- 10) Escribe las fórmulas de los siguientes ácidos:
 

a) ácido ortobórico	b) ácido sulfúrico	c) ácido nitroso	d) ácido ortofosforoso
e) ácido clórico	f) ácido hipocloroso	g) ácido clorhídrico	h) ácido sulfhídrico



## **6. RELACIONES DE MASA EN LAS REACCIONES QUÍMICAS**

Desde la época de Dalton los químicos utilizaron escalas relativas de masas atómicas y moleculares ya que era imposible determinar la masa de un átomo o la de una molécula, es decir la masa atómica o molecular absoluta. Es posible hallar las masas relativas de los distintos átomos midiendo la masa de un elemento que se combina con la masa conocida de otro, con tal que se conozca también la relación entre los números de átomos en el compuesto.

### **6.1.1 Masa Atómica Absoluta**

Es la masa real de un átomo. El valor oscila entre  $10^{-22}$  y  $10^{-24}$  gramos.

Como se comprenderá, no existe en la actualidad balanza que permita apreciar dicha masa y además carece de sentido práctico trabajar con átomos aislados y con sus masas atómicas absolutas. Para solucionar esto, es que en la práctica se utilizan las comparaciones de las masas de los átomos con una masa patrón.

El primer elemento patrón fue el hidrógeno, luego a mediados del siglo XIX se cambió por el oxígeno y finalmente en 1962 se tomó como patrón clásico al isótopo 12 del carbono, al que se le asignó un valor exacto hasta la quinta cifra decimal de 12,00000 uma, es decir, 12 unidades de masa atómica.

Por lo tanto, la masa llamada unidad de masa atómica se la define como: la doceava parte de la masa fijada para el isótopo 12 del Carbono.

$$1 \text{ uma} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

A partir de esta escala arbitraria se formó la tabla de las masas atómicas, la cual es actualizada por la IUPAC según las técnicas más refinadas. La masa de todos los átomos de los diferentes elementos queda expresada en relación a dicha unidad. Así, la masa de un átomo de hidrógeno ( $^1\text{H}$ ) es de 1,0080 uma, y la masa de un átomo de oxígeno ( $^{16}\text{O}$ ) es de 15,995 uma.

### **6.1.2 Masa Atómica Relativa**

Es un número adimensional que expresa la relación existente entre la masa de un elemento dado y la unidad de masa atómica. Es un número relativo que indica cuánta más masa tiene el átomo de ese elemento a la uma o a la doceava parte del carbono 12. Esto resulta de considerar las masas de los isótopos naturales del elemento, ya que la mayoría de los elementos se presentan en la naturaleza como una mezcla de isótopos.

Entonces se podría decir también que la masa atómica relativa de un elemento se define como: La masa ponderada de las masas de sus isótopos constituyentes.

En otras palabras, podemos calcular la masa atómica promedio de un elemento, si sabemos la masa y también la abundancia relativa de cada isótopo y se podrá calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Masa atómica (promedio)} = \frac{\sum(a \times m)}{100}$$

donde a es el porcentaje de abundancia en la naturaleza del isótopo de masa m y  $\sum$  es la **sumatoria** que comprende a todos los isótopos estables del elemento considerado.

Estas masas atómicas, correspondientes a las mezclas naturales de isótopos, son las que figuran en la Tabla Periódica de los elementos.

**Ejemplo 1:** Calcular la masa atómica del cloro (Cl), si se encontró que hay dos isótopos naturales del mismo, cuyas masas atómicas son: 34,962uma y 36,966uma, y su abundancia natural es de 75,4% y 24,6% respectivamente.

Utilizando la fórmula antes descripta:

$$\text{Masa atómica del Cl} = \frac{34,962 \text{ uma} \times 75,4 + 36,966 \times 24,6}{100} = 35,45 \text{ uma}$$

### 6.1.3 Masa Molecular Relativa

El razonamiento que hemos efectuado con respecto a los átomos puede ser aplicado a las moléculas. La masa molecular relativa de una sustancia es un número adimensional que expresa cuántas veces es mayor la masa de una molécula de la misma que la unidad de masa atómica (uma), y es la suma de las masas atómicas (en uma) de una molécula. Así que conociendo la fórmula molecular de una sustancia, la masa molecular de la misma es la suma de las masas atómicas de todos los átomos que constituyen la molécula.

**Ejemplo 2:** Calcular la masa molecular del benceno cuya fórmula molecular es  $C_6H_6$ .

1. Debemos buscar en la Tabla Periódica las masas atómicas relativas del Carbono (C) y del Hidrógeno (H)

2. Realizar el cálculo.

Masa atómica del Carbono = 12,011 uma

Masa atómica del Hidrógeno = 1,00797 uma

Masa molecular del Benceno =  $(6 \times 12,011 \text{ uma}) + (6 \times 1,00797 \text{ uma}) = 78,11472 \text{ uma}$

### 6.1.4 El mol

Se ha visto que las unidades de masa atómica constituyen una escala relativa de las masas de los elementos. Pero dado que los átomos tienen masas tan pequeñas, no es posible diseñar una balanza práctica para pesarlos usando unidades calibradas de masa atómica. En cualquier situación (por ejemplo en el laboratorio) se manejan muestras de sustancias que contienen una enorme cantidad de átomos. La idea de una unidad para describir un número particular de objetos no es nueva. Por ejemplo: *el par (2 cosas), la docena (12 cosas)*, son todas unidades familiares.

En química, la cantidad de sustancia se mide en mol, y es una de las unidades básicas del SI.

Antes el Bureau Internacional de Pesos y Medidas (BIPM) definía el **mol**, como la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales (átomos, moléculas u otras partículas) como átomos hay exactamente en 12 gramos de carbono 12.

$$\text{Número de átomos de carbono 12 en 12 g} = \frac{12 \text{ g}}{\text{masa de 1 átomo de C}} = 6,022 \times 10^{23}$$

(La masa de un átomo de C 12, por espectrometría de masa es  $1,99265 \times 10^{-23}$  g.)

Según esta definición, la unidad de mol se refiere a un número fijo de “entidades” cuya identidad se debe especificar. De la misma forma que se dice una docena de huevos o de automóviles, se debe indicar si se trata de un **mol de átomos, de moléculas, de iones, de electrones, de monedas u otra partícula.**

Desde la votación efectuada en Versalles, París en el BIPM, en noviembre de 2018, la definición del mol se basa en una constante, el Número de Avogadro,  $N_A$ , en honor del científico y matemático italiano Amadeo Avogadro, cuyo valor aceptado en la actualidad es:

$$N_A = 6,02214076 \times 10^{23} = 602.214.076.000.000.000.000$$

(El Número de Avogadro se abrevia  $6,022 \times 10^{23}$ )

La nueva definición de mol adoptada por el BIPM es:

**Un mol es la cantidad de sustancia que contiene el Número de Avogadro de partículas.**

En la actualidad, su mejor realización práctica se determina a partir del conteo de la cantidad de átomos que hay en una esfera monocristalina de silicio.

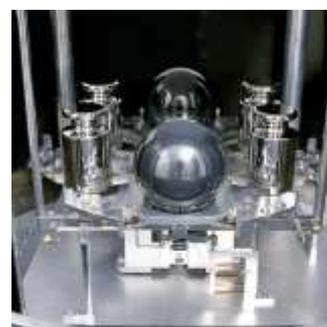


Ilustración 2. Esfera de  $^{28}\text{Si}$ .  
Extraída de <http://www.cem.es>

**Resumiendo:**

- Un mol de X (átomos, moléculas, iones, electrones, entre otros) siempre contiene el Número de Avogadro, es decir:  $6,022 \times 10^{23}$  de X.

- **Cuando pienses en la palabra mol, debes pensar en  $6,022 \times 10^{23}$  unidades**

Ejemplo:

1 mol de  $O_2$  contiene  $6,022 \times 10^{23}$  moléculas de oxígeno.

2 moles de  $O_2$  contiene 2 veces el número de Avogadro, es decir:  $2 \times (6,022 \times 10^{23}) = 1,204 \times 10^{24}$  moléculas de oxígeno.

### 6.1.5 Masa de un mol átomos

La masa de un mol de átomos (o masa molar atómica) es la masa atómica de un elemento expresado en gramos y corresponde a la masa de  $6,022 \times 10^{23}$  átomos del elemento considerado. Un mol de átomos de un elemento contiene el mismo número de átomos que el mol de átomos de cualquier otro elemento.

La masa de un mol de un átomo de cualquier elemento es igual a su masa atómica expresada en gramos.

Dado que cada átomo de carbono 12 tiene una masa de 12 uma, su masa molar (en gramos) es numéricamente igual a su masa atómica expresada en uma, en nuestro caso 12 gramos. En el ejemplo 1 del apartado 6.1.2, la masa de un mol de átomos de cloro expresada en g es igual a la masa atómica absoluta expresada en uma, es decir 35,454 g.

### 6.1.6 Masa de un mol de moléculas

La masa de un mol de moléculas (o masa molar molecular) es la masa molecular de una sustancia expresada en gramos y corresponde a la masa de  $6,022 \times 10^{23}$  moléculas de la sustancia considerada.

En el ejemplo 2 del apartado 6.1.3, la masa de un mol de moléculas de benceno es igual a la masa molecular, es decir 78,411472 g.

### 6.1.7 Volumen molar

El número de moléculas existentes en un mol de moléculas de cualquier sustancia es siempre el mismo. Teniendo presente que la masa en gramos de un mol de moléculas (masa molar) de una sustancia es numéricamente igual a su masa molecular se puede indicar que:

Masa molar  $O_2$  (g) = 32 g,  $N_2$  (g) = 28 g,  $CO_2$  (g) = 44,02 g. La masa molar de estos tres gases; 32 g de oxígeno; 28 g de nitrógeno y 44,02 g de dióxido de carbono, tienen el mismo número de moléculas y de acuerdo con la hipótesis de Avogadro ocupan un mismo volumen, en iguales condiciones de temperatura y presión (siempre refiriéndose a

gases). Este volumen se denomina volumen molar por ser el volumen ocupado por la masa molar molecular de cualquier gas y puede ser determinado experimentalmente.

**Las llamadas Condiciones Normales de Presión y Temperatura (CNPT)**, se refieren a la presión de 1 atmósfera (760 mmHg o 760 torr) y a 0 °C (273 K).

Entonces: ***un mol de cualquier gas en CNPT ocupa un volumen de 22,4 L.***

## 6.2 Cálculos estequiométricos

### Reactivo limitante

Al realizar una reacción química, no siempre los reactivos se encuentran en cantidades estequiométricas exactas, es decir, las proporciones que indica la ecuación química balanceada. En consecuencia, algunos reactivos se consumen, mientras que parte de otros se recupera al finalizar la reacción. **El reactivo que se consume primero en una reacción recibe el nombre de reactivo limitante** ya que la máxima cantidad de producto que se forma depende de la cantidad de este reactivo que había originalmente. Cuando este reactivo se consume no se puede formar más producto. **El reactivo en exceso es el reactivo presente en mayor cantidad que la necesaria para reaccionar con la cantidad del reactivo limitante.**

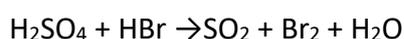
### Resumiendo:

El reactivo limitante es aquel:

- Que se consume por completo en una reacción química y determina o limita la cantidad de producto formado.
- Que se encuentra en defecto según la ecuación química balanceada.

En cálculos estequiométricos lo **primero** que se debe realizar es **determinar cuál de los reactivos es el limitante**. Una vez identificado, se debe trabajar con el mismo para resolver el problema.

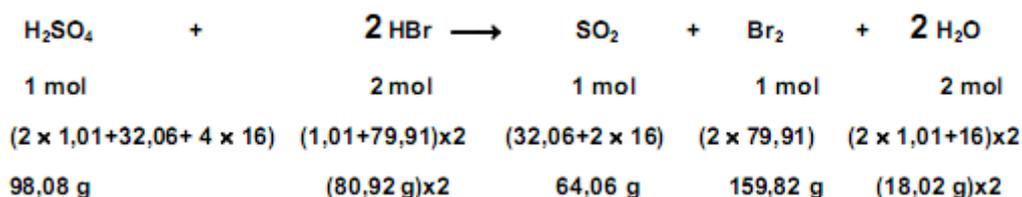
**Ejemplo:** el ácido bromhídrico y el ácido sulfúrico reaccionan según la ecuación:



Si reaccionan 3 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , calcular:

- a) Masa de HBr que reacciona.
- b) Volumen de  $\text{SO}_2$  que se desprende simultáneamente (medidos en CNPT)
- c) ¿Cuántos gramos de  $\text{Br}_2$  se forman si reaccionan 4 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y 5 moles de HBr?

Primero debemos escribir la reacción, y determinar si la misma se encuentra balanceada.



Ahora si podemos empezar a resolver el ejercicio

a) La masa de HBr que reacciona con 3 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es:

$$3 \text{ mol de } \text{H}_2\text{SO}_4 \times \frac{161,8 \text{ g HBr}}{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4} = 485,4 \text{ g HBr}$$

El cálculo efectuado quiere decir que 3 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reaccionan con 485,4 g HBr.

b) El volumen de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) obtenido en CNPT es:

Primero debemos recordar que 1 mol de cualquier gas en CNPT ocupa un volumen de 22,4 L.

$$3 \text{ mol de } \text{H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{SO}_2}{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4} \times \frac{22,4 \text{ L } \text{SO}_2}{1 \text{ mol } \text{SO}_2} = 67,2 \text{ L } \text{SO}_2$$

c) Para calcular cuántos gramos de  $\text{Br}_2$  se forman si reaccionan 4 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y 5 moles de HBr, debemos escribir la ecuación química balanceada, describiendo las relaciones estequiométricas en moles y en masa que plantea la misma.

Según la ecuación, 1 mol de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reacciona de manera estequiométrica con 2 moles de HBr. Se plantea:

Cuántos gramos de  $\text{Br}_2$  reaccionan de manera estequiométrica con los 4 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$4 \text{ moles de } \text{H}_2\text{SO}_4 \times \frac{159,82 \text{ g de } \text{Br}_2}{1 \text{ mol de } \text{H}_2\text{SO}_4} = 639,28 \text{ g de } \text{Br}_2$$

Cuántos gramos de  $\text{Br}_2$  reaccionan de manera estequiométrica con los 5 moles de HBr

$$5 \text{ moles de } \text{HBr} \times \frac{159,82 \text{ g de } \text{Br}_2}{2 \text{ mol de } \text{HBr}} = 399,55 \text{ g de } \text{Br}_2$$

Según estos cálculos podemos establecer que:

- con los 4 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  se obtienen 639,28 g de  $\text{Br}_2$
- con los 5 moles de  $\text{HBr}$  se obtienen solamente 399,55 g de  $\text{Br}_2$

Esto significa que el  $\text{HBr}$  es el reactivo limitante, porque es el que produce menor cantidad de  $\text{Br}_2$ .

Así hemos establecido cuál es el reactivo limitante, y hemos calculado cuántos gramos de  $\text{Br}_2$  se producen al reaccionar 4 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y 5 moles de  $\text{HBr}$ :

Al reaccionar 4 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  con 5 moles de  $\text{HBr}$ , el reactivo limitante es el  $\text{HBr}$ , y se producen 399,55 g de  $\text{Br}_2$ .

### 6.3 Composición porcentual

Si se conoce la fórmula molecular de un compuesto, ésta indica su composición química. Su composición también se puede expresar como porcentaje en masa de cada elemento presente en compuesto, esto se llama composición porcentual en masa. Se obtiene dividiendo la masa de cada elemento contenido en un mol del compuesto por la masa molar del compuesto y multiplicando por 100%. Matemáticamente, la composición porcentual se expresa como:

$$\text{Composición porcentual de un elemento} = \frac{n \times \text{masa molar del elemento}}{\text{masa molar del compuesto}} \times 100$$

donde  $n$  es el número de moles del elemento en un mol del compuesto.

#### **Ejemplo:**

En un mol de benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) hay 6 moles de átomos de carbono y 6 moles de átomos de hidrógeno. Calcular su composición porcentual.

Masa molar del carbono = 12,01 g

Masa molar del hidrógeno = 1,01 g

Masa molar del benceno =  $6 \times 12,01 \text{ g} + 6 \times 1,01 \text{ g} = 78,12 \text{ g}$

En consecuencia, la composición porcentual del  $\text{C}_6\text{H}_6$  se calcula como sigue:

$$\% \text{ C} = \frac{6 \times 12,01 \text{ g}}{78,12 \text{ g}} \times 100 = 92,24\% \text{ y } \% \text{ H} = \frac{6 \times 1,01 \text{ g}}{78,12 \text{ g}} \times 100 = 7,76\%$$

El procedimiento anteriormente explicado puede ser utilizado de manera inversa, es decir conociendo la composición porcentual, es posible determinar su fórmula empírica. Debido a que se tienen los porcentajes de cada uno de los elementos constituyentes del compuesto y la suma de todos ellos es 100%.

**Ejemplo:** Se determinó experimentalmente la composición porcentual de un compuesto que posee azufre (S), oxígeno (O) e hidrógeno (H), obteniéndose 32,6% S, 65,3% O y 2,1% H. Determine su fórmula empírica.

1) Corroborar que la suma de los porcentajes sea del 100 %

$$32,6\% + 65,3\% + 2,1\% = 100\%$$

2) Expresar el porcentaje en masa, de la siguiente manera:

32,6 g S cada 100 g del compuesto

65,3 g O cada 100 g del compuesto

2,1 g H cada 100 g del compuesto

3) Calcular el número de moles de cada uno de los elementos en el compuesto

$$n_S = 32,6\text{g} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32,06\text{g}} = 1,017 \text{ mol S}$$

$$n_O = 65,3\text{g} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16\text{g}} = 4,081 \text{ mol O}$$

$$n_H = 2,1\text{g} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1,01\text{g}} = 2,079 \text{ mol H}$$

De esta manera obtenemos la relación de los átomos presentes, sin embargo, debido a que las fórmulas químicas se escriben con números enteros, debemos transformar el número de moles obtenidos en números enteros.

4) Dividir por el número de moles más pequeño obtenido, en nuestro ejemplo es 1,017

$$n_S = \frac{1,017 \text{ mol}}{1,017 \text{ mol}} = 1$$

$$n_O = \frac{4,081 \text{ mol}}{1,017 \text{ mol}} = 4$$

$$n_H = \frac{2,079 \text{ mol}}{1,017 \text{ mol}} = 2$$

5) La fórmula empírica o mínima resulta ser  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Nota: si al realizar el paso 4, no se obtienen números enteros, debemos realizar un cálculo

extra, que es multiplicar a todos los números por un entero, comenzando por el 2, hasta obtener todos números enteros.

Si se desea conocer la fórmula molecular, debemos conocer:

- La fórmula empírica o mínima
- La masa molar del compuesto

En la explicación del ejercicio, mencionamos dos conceptos nuevos, fórmula empírica y fórmula molecular, a continuación definimos ambos:

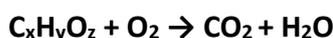
### 6.3.1 Fórmula empírica o mínima

Indica cuáles elementos están presentes y la relación mínima, en números enteros, entre sus átomos, pero no indica necesariamente el número real de átomos en una molécula determinada. Son fórmulas químicas más sencillas; se escriben de manera que los subíndices de las fórmulas moleculares se reducen a los números enteros más pequeños posibles. Las fórmulas moleculares son las fórmulas verdaderas de las moléculas.

El hecho de que sea posible determinar la fórmula empírica de un compuesto sí se conoce su composición porcentual permite identificar experimentalmente los compuestos. El procedimiento se detalla a continuación: El análisis químico indica el número de gramos de cada elemento presente en una determinada cantidad de un compuesto, luego las cantidades en gramos se convierten en número de moles de cada elemento y utilizando cálculos matemáticos se determina la fórmula empírica.

**Ejemplo:** Una muestra de 1,074 g de un compuesto orgánico que sólo contiene C, H y O fue quemada al aire y produjo 2,060 g de CO<sub>2</sub> y 1,264 g de H<sub>2</sub>O. ¿Cuál es la fórmula empírica del compuesto?

Primero escribimos la reacción de combustión. En caso de compuestos orgánicos, los productos de la combustión son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O). La reacción de combustión se realiza en presencia de oxígeno.



Se supone que todo el **C** presente en el **CO<sub>2</sub>** proviene de la combustión del compuesto **C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>** y que todo el **H** presente en el **H<sub>2</sub>O** proviene del compuesto **C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>**. No se puede suponer lo mismo para el oxígeno, ya que la muestra se quemó en presencia del mismo, razón por la cual se calcula por diferencia, una vez obtenida la masa de C e H.

$$\text{Masa CO}_2 = 12,01 \text{ g} + 2 \times 16 \text{ g} = 44,02 \text{ g}$$

$$\text{Masa H}_2\text{O} = 2 \times 1,01 \text{ g} + 16 \text{ g} = 18,02 \text{ g}$$

$$\text{Masa de Carbono} = 2,060 \text{ g CO}_2 \times \frac{12,01 \text{ g C}}{44,02 \text{ g CO}_2} = 0,562 \text{ g C}$$

$$\text{Masa de Hidrógeno} = 1,264 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{2 \times 1,01 \text{ g H}}{18,02 \text{ g H}_2\text{O}} = 0,142 \text{ g H}$$

Masa del compuesto = masa C + masa H + masa O

masa O = 1,074 g – 0,562 g – 0,142 g = 0,37 g O

Se procede a calcular el número de moles de cada uno de los elementos:

$$n_C = 0,562\text{g} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12,01\text{g}} = 0,047 \text{ mol C}$$

$$n_H = 0,142\text{g} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1,01\text{g}} = 0,140 \text{ mol H}$$

$$n_O = 0,370\text{g} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16\text{g}} = 0,023 \text{ mol O}$$

A continuación se divide por el número más pequeño para obtener números enteros.

$$n_C = \frac{0,047 \text{ mol}}{0,023 \text{ mol}} = 2$$

$$n_H = \frac{0,140 \text{ mol}}{0,023 \text{ mol}} = 6$$

$$n_O = \frac{0,023 \text{ mol}}{0,023 \text{ mol}} = 1$$

Fórmula empírica = **C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O**

### 6.3.2 Fórmula molecular

Indica la cantidad exacta de átomos de cada elemento que está presente en la unidad más pequeña de sustancia. La fórmula calculada a partir de la composición porcentual en masa es siempre la fórmula empírica debido a que los subíndices en la fórmula se reducen siempre a los números enteros más pequeños. Para calcular la fórmula molecular, o real, se requiere conocer la masa molar aproximada del compuesto, además de su fórmula empírica.

**Ejemplo:** La masa molar de un compuesto es 34,02 g ¿Cuál es la fórmula molecular, si su fórmula empírica es HO?

Conociendo que la masa molar de un compuesto debe ser múltiplo entero de la masa molar de su fórmula empírica, la fórmula molecular se puede determinar de la siguiente manera: Masa molar de la fórmula empírica (OH) = 16 g + 1,01 g = 17,01 g

$$\frac{\text{Masa molar}}{\text{Masa molar de la fórmula empírica}} = \frac{34,02\text{g}}{17,01\text{g}} = 2$$

Por lo tanto la masa molar del compuesto es dos veces la masa molar de la fórmula empírica. En consecuencia, hay dos unidades de OH en cada molécula del compuesto, y la fórmula molecular es (OH)<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Matemáticamente, se expresa como sigue:

$$\text{Fórmula molecular} = \text{Fórmula empírica} \times \frac{\text{Masa molar}}{\text{Masa molar de la fórmula empírica}}$$



### Para resolver

#### Masas atómicas

- 1) El silicio natural está formado por tres isótopos, cuyos porcentajes son 92,28% de  $^{28}\text{Si}$ , 4,67% de  $^{29}\text{Si}$  y 3,05% de  $^{30}\text{Si}$ . Las masas atómicas de estos isótopos son 27,9776 uma; 28,9733uma y 29,9735uma, respectivamente. Calcule la masa atómica del silicio a partir de estos datos.
- 2) El cobre natural está formado por los isótopos  $^{63}\text{Cu}$  y  $^{65}\text{Cu}$ . Las masas de las dos especies son 62,929uma y 64,928uma, respectivamente. ¿Cuál es el porcentaje de los dos isótopos en una muestra de cobre cuya masa atómica es 63,54uma?
- 3) La distribución isotópica del cobre es 69,4% de  $^{63}\text{Cu}$  y 30,6% de  $^{65}\text{Cu}$ . ¿Cuántos átomos de  $^{63}\text{Cu}$  hay en 5 moles de cobre natural?
- 4) Las masas del  $^{14}\text{N}$  y  $^{15}\text{N}$  son 14,0031uma y 15,0001uma, respectivamente. ¿Cuál tendrá que ser la relación de  $^{15}\text{N}$  a  $^{14}\text{N}$  en el nitrógeno natural para una masa atómica de 14,0067uma?

#### Masa molar y mol

- 1) ¿Cuál es la masa molar de cada uno de los siguientes compuestos? (a)  $\text{N}_2\text{O}$ ; (b)  $\text{NO}$ ; (c)  $\text{NO}_2$ . ¿Cuántos moles de compuesto hay en 453,6 g de: (a)  $\text{N}_2\text{O}$ ; (b)  $\text{NO}$ ; (c)  $\text{NO}_2$ .
- 2) ¿Cuál es la masa, en gramos, de  $6,02 \times 10^{21}$  átomos de mercurio?
- 3) ¿Cuál es la masa, en gramos, de dos átomos de azufre?
- 4) Si se supone que una gota de agua tiene una masa de 0,050 g. ¿Cuántas moléculas tendrá una gota?
- 5) Calcule el número de moléculas de etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) en 45 g de  $\text{C}_2\text{H}_6$ .
- 6) Calcule el número de moléculas de  $\text{C}_2\text{H}_6$  presentes en 0,10 moles de  $\text{C}_2\text{H}_6$ .
- 7) Calcule la masa de 5,0 moles de  $\text{K}_2\text{Co}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .
- 8) El cobre metálico tiene una densidad de  $8,96 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . ¿Qué volumen, en litros, ocuparán 4,0 moles de  $\text{Cu}$ ?
- 9) Calcule las masas moleculares de (a)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; (b)  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ; (c)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; (d)  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ .

10) Calcule la masa molecular de (a) clorato de potasio,  $\text{KClO}_3$ ; (b) ácido ortofosfórico,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; (c) hidróxido de calcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; (d) cloruro férrico,  $\text{FeCl}_3$ ; (e) sulfato de bario,  $\text{BaSO}_4$ ; (f) cloruro cromoso,  $\text{CrCl}_3$ .

11) Se tienen 0,75 moles de  $\text{P}_4$ . (a) ¿Cuántas moléculas de  $\text{P}_4$  hay? (b) ¿Cuántos átomos de P hay? (c) ¿Cuántos moles de átomos de P hay en 0,75 moles de  $\text{P}_4$ ?

12) ¿Cuántos moles de compuesto hay en (a) 4,631 g de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; (b) 0,256 g de  $\text{O}_2$ ?

13) ¿Cuántos moles de  $\text{AgCl}$  hay en 7,1801 g?

14) Para una muestra de 50 g de metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), calcular:

- a) moles de moléculas
- b) números de moléculas
- c) moles totales de átomos
- d) número total de átomos
- e) moles de átomos de oxígeno
- f) número de átomos de oxígeno

15) Calcule el número de gramos en 0,5 moles de las siguientes sustancias:

(a) yeso,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; (b) plomo blanco,  $\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$ ; (c) galena,  $\text{PbS}$ .

16) Determine las masas molares de (a)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ; (b)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; (c)  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ; (d)  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ ; (e)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (bórax).

17) ¿Cuántos átomos de oxígeno hay en 0,50 moles de  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ? (b) ¿Cuántos átomos de nitrógeno en la misma cantidad?

18) Cuando se calienta el hierro en el aire, reacciona con el oxígeno del aire, en proporción de tres átomos de oxígeno por cada dos átomos de hierro. Si se calientan 6,0 g de hierro (a) ¿cuál es la masa total del producto? (b) ¿cuántos moles de O han reaccionado?

19) Para una muestra de  $180,0 \text{ cm}^3$  de benceno líquido puro (densidad del  $\text{C}_6\text{H}_6$   $0,88 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ), calcule: (a) masa de la muestra, en gramos; (b) masa molar del  $\text{C}_6\text{H}_6$ ; (c) número de átomos de C en la muestra.

20) ¿Cuál de las siguientes muestras contiene el número más grande de átomos?

(a) 2,0 g de oro,  $\text{Au}$ ; (b) 2,0 g de agua,  $\text{H}_2\text{O}$ ; (c) 2,0 g de helio,  $\text{He}$ ; (d) 2,0 g de octano,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

21) ¿Cuál es la masa, en gramos, de tres milimoles de  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ?

22) ¿Cuántos átomos totales hay presentes en 530 mg de  $\text{KAuCl}_4$ ?

23) ¿Cuántos moles de átomos de azufre hay presentes en 15 moles de  $\text{Au}_2(\text{SO}_4)_3$ ?

### Cálculos estequiométricos

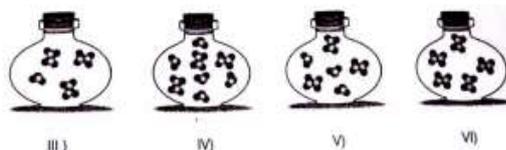
1) Para la reacción de formación del tetraóxido de dinitrógeno ( $N_2O_4$ ) a partir del óxido de dinitrógeno ( $NO_2$ ).

a) Escribe la reacción que representa esta ecuación y balancéala. Las únicas especies presentes son  $N_2O_4$  y  $NO_2$ .

b) El siguiente esquema representa una pequeña porción del reactivo inicial.

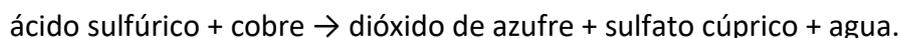


¿Cuál de los siguientes dibujos representan un posible sistema final para A? ¿Por qué los otros no?



2) ¿Qué masa de ácido sulfúrico se podrá obtener cuando reaccionan 250 g de óxido sulfúrico con agua?

3) El cobre reacciona con ácido sulfúrico, según la siguiente ecuación:



Si se tienen 30 g de cobre y 200 g de ácido sulfúrico, calcular:

- El reactivo limitante
- Los moles de dióxido de azufre que se desprenden en la reacción

### Composición porcentual

- Determine el porcentaje de hierro en el compuesto  $Fe_3O_4$ .
- ¿Cuál es el porcentaje de azufre en el sulfato de magnesio cristalizado (sal de Epsom) si su fórmula es  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ?
- ¿Cuál es el porcentaje de cobre en el mineral cuprita,  $Cu_2O$ ?
- Determine la composición elemental en porcentaje para (a)  $Na_2S_2O_3$  (b)  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  (c)  $KClO_3$ .
- Calcule los porcentajes de K, Fe, C, N y  $H_2O$  en el compuesto  $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ .

### Fórmula empírica y fórmula mínima

- 1) El benceno tiene la fórmula empírica CH. Si su masa molecular es 78 uma, ¿cuál es su fórmula molecular?
- 2) Determine la fórmula molecular de un óxido de antimonio, de masa molecular 323,50uma y que contiene 24,73% de oxígeno.
- 3) Una muestra de 8,00 g de un óxido de hierro se calentó en una corriente de hidrógeno gaseoso hasta que fue totalmente reducido a 5,60 g de hierro metálico. ¿Cuál es la fórmula molecular del óxido de hierro si su masa molecular es 159,69uma.
- 4) Deducir la fórmula empírica de un compuesto cuyo análisis dio la siguiente composición en porcentaje: Fe = 77,7%, O = 22,3%.
- 5) Se ha observado que 14 g de hierro se combinan químicamente con 8 g de azufre. Calcule la fórmula empírica del compuesto formado.
- 6) Cinco gramos de un compuesto gaseoso de carbono e hidrógeno da por combustión 16,50 g de CO<sub>2</sub> y 4,495 g de H<sub>2</sub>O. Determine la fórmula empírica del compuesto.
- 7) En una reacción química se combinan 6,75 g de azufre con 7,14 g de vanadio. Deducir la fórmula empírica del producto.
- 8) Una muestra de 26,26 g de magnesio se calentó en el aire y se combinó con 17,29 g de oxígeno. El óxido resultante pesaba 43,55 g. Determine la fórmula empírica del óxido.
- 9) Deduzca la fórmula empírica de un compuesto que contiene 90,6% de plomo y 9,4% de oxígeno.

## **BIBLIOGRAFIA**

Bibliografía utilizada en la confección de la guía:

- Angelini, M y otros. TEMAS DE QUÍMICA GENERAL, 1994, EUDEBA S.E.M.
- Avalis, C y otros. Algo de química para ingresantes a la universidad. 1999, Centro de publicaciones, Secretaría de extensión, Universidad Nacional del Litoral. Argentina.
- Chang, QUIMICA 6º ed.,1999, editorial Mc. Graw Hill.
- Hein y Arena, FUNDAMENTOS DE QUIMICA 10º ed., 2001, editorial ThomsonLearning.
- Hill y Jolb, QUIMICA PARA UN NUEVO MILENIO 8º ed.1999, editorial Pearson.
- Ingenieros, LAS FUERZAS MORALES, 1991, ediciones Siglo veinte.
- Ocampo, E y otros. Química General, 2009. Universidad Nacional del Litoral.
- Solis y Sellés, HISTORIA DE LA CIENCIA, 2004, editorial Espasa.
- Whitten, K y otros. Química General. Tercera edición, 1996, Mc. Graw Hill.

Bibliografía recomendada para el repaso de los temas y resolución de los problemas:

- A. Rolando y R. Pascualli, "Fisicoquímica", 1990, Editorial A-Z, Buenos Aires.
- A. Rolando y M.R. Jellinek, "Química 4", 1995. Editorial A-Z, Buenos Aires.
- F. Serventi, "Química del carbono", 1995, El Ateneo, Buenos Aires.
- J.M. Mautino, "Fisicoquímica III - Aula Taller", 1991, Editorial Stella, Buenos Aires.
- J.M. Mautino, "Química 5 - Aula Taller", 1993, Editorial Stella, Buenos Aires.
- M.P. Alegría, A.S. Bosak, A.M. Deprati, M.A. Dal-favero, R. Franco, M.B. Jaul y E. Morales, "Química II", 1999, Ediciones Santillana S.A., Buenos Aires.

**RESULTADOS****1. MEDICIONES****Velocidad y presión**

- $8 \times 10^4 \text{ m.h}^{-1}$  y  $22,22 \text{ m.s}^{-1}$
- 4,92 atm y  $4,98 \times 10^3 \text{ hPa}$
- 0,62 atm y 471,11 mmHg

**Temperatura**

- a) 265 K; b)  $-153 \text{ }^\circ\text{C}$ ; c) Sí, porque un grado de la escala Celsius vale un grado de la escala Kelvin.
- 

	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{F}$	K
P. fusión Pb	327,5	621,5	600,65
Pebullición Etanol	78,28	172,9	351,43
P. Ebullición $\text{N}_2$	-196,15	-321,07	77
Punto ebullición Hg	357	674,6	630,15

**Densidad y peso específico**

- $2,57 \text{ cm}^3$
- $19,3 \text{ g.cm}^{-3}$
- $2,70 \text{ g.cm}^{-3}$
- $1,91 \text{ g.cm}^{-3}$
- a) Falso; b) Falso
- $0,27 \text{ g.cm}^{-3}$

**Manejo de los números**

- a)  $a < c < d < b$
- a)  $2,7 \times 10^{-9}$ ; b)  $3,56 \times 10^3$ ; c)  $4,77 \times 10^4$ ; d)  $9,6 \times 10^{-2}$ ; e) 0,00156; f) 0,0000778; g) 259; h) 900000g; i)  $7,09 \times 10^{-6}$
- a) 4; b) 2; c) 5; d) 3; e) 3
- $5,8 \times 10^{-7} \text{ m}$ .
- Si

## 2. LA MATERIA

1. cambios físicos: a; cambios químicos: b,c,d,e
2. a) fusión; b) solidificación; c) sublimación; d) sublimación inversa o deposición; e) condensación; f) vaporización
3. b
4. a) Líquido; b) Líquido; c) 0,01 °C – 100 °C.
5. intensivas: b, c, d y f; extensivas: a y e
6. correctas: c y d
7. soluciones: a y b; sustancias: c, d y e
8. sustancias simples: a y c; compuestas: b y d
9. correctas: g y h

## 3. EL INTERIOR DE LA MATERIA

### Modelo Atómico

1.

Especie	N° electrones	N° protones	N° neutrones	N° másico	N° atómico
<sup>24</sup> Mg	12	12	12	24	12
<sup>51</sup> V	23	23	28	51	23
<sup>27</sup> Al	13	13	14	27	13
<sup>112</sup> Cd	48	48	64	112	48

Especie	N° electrones	N° protones	N° neutrones	N° másico	N° atómico
<sup>24</sup> Mg	12	12	12	24	12
<sup>51</sup> V	23	23	28	51	23
<sup>27</sup> Al	13	13	14	27	13
<sup>112</sup> Cd	48	48	64	112	48
<sup>286</sup> Uut	113	113	173	286	113
<sup>23</sup> Na <sup>+</sup>	10	11	12	23	11
<sup>24</sup> Mg <sup>2+</sup>	10	12	12	24	12
<sup>35</sup> Cl <sup>-</sup>	18	17	18	35	17
<sup>16</sup> O <sup>2-</sup>	10	8	8	16	8

## 4. LA MATERIA SE TRANSFORMA

### Balaceo de ecuaciones

1.
  - a) 1. 1:2:1
  - b) 1:1:2
  - c) 2:3:2
  - d) 1:3:2
  - e) 1:3:2
  - f) 2:1:1:1

- g) 1:2:1:1:1
- h) 1:2:1:2
- i) 1:3:3:1
- j) 1:3:2:2
- k) 4:7:2:6
- l) 6:2:2:2:1
- m) 3:8:3:2:4
- n) 6:9:10:3:6:5:9
- o) 2:10:8:1:2:5:8

## 5. ¿CÓMO SE ESCRIBE?

### Números de oxidación

1. 5+.
2. 7+.
3. Fe: 2+, O: 2-; H: 1+, S: 2-; Sb: 3+, S: 2-; Ca: 2+, N: 5+, O: 2-; Li: 1+, O: 1-; N: 3-, H: 1+
4. 5+ y 3+

### Óxidos

1. a) óxido de magnesio, óxido de magnesio(**II**); b) óxido manganeso, óxido de manganeso(**IV**); c) óxido de aluminio, óxido de aluminio(**III**); d) óxido antimonioso, óxido de antimonio(**III**); e) óxido auroso, óxido de oro(**I**).

NOTA: los números en negrita podrían obviarse por tratarse del único número de oxidación que presenta el elemento.

2. a) Hg<sub>2</sub>O; b) Au<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; c) CuO; d) PbO<sub>2</sub>; e) CO<sub>2</sub>; f) PtO<sub>2</sub>; g) SO<sub>3</sub>; h) P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### Hidróxidos

1. Hidróxido cúprico, hidróxido de cobre(**II**); b) hidróxido ferroso, hidróxido de hierro(**II**); c) hidróxido férrico, hidróxido de hierro(**III**); d) hidróxido mercúrico, hidróxido de mercurio(**II**); e) hidróxido de bario, hidróxido de bario(**II**); f) hidróxido áurico, hidróxido de oro(**III**); g) hidróxido plúmbico, hidróxido de plomo(**IV**); h) hidróxido cromoso, hidróxido de cromo(**II**); i) hidróxido estánnico, hidróxido de estaño(**IV**); j) hidróxido estannoso, hidróxido de estaño(**II**)

NOTA: los números en negrita podrían obviarse por tratarse del único número de oxidación que presenta el elemento.

2. a) hidróxido de potasio, KOH; b) hidróxido de sodio, NaOH
3. a) hidróxido de bario(**II**), Ba(OH)<sub>2</sub>; b) hidróxido de calcio(**II**), Ca(OH)<sub>2</sub>; c) hidróxido de aluminio(**III**), Al(OH)<sub>3</sub>; d) hidróxido de sodio(**I**), NaOH; e) hidróxido de hierro(**II**), Fe(OH)<sub>2</sub>; f) hidróxido de cromo(**II**), Cr(OH)<sub>2</sub>

NOTA: los números en negrita podrían obviarse por tratarse del único número de oxidación que presenta el elemento.

### Ácidos y sales

1. a) H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> b) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> c) HNO<sub>2</sub> d) H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub> e) HClO<sub>3</sub> f) HClO; g) HCl h) H<sub>2</sub>S
2. a) clorato(**V**) de sodio(**I**); b) clorato(**VII**) de hierro(**II**); c) bromato(**V**) de amonio; d) yodato(**V**) de magnesio(**II**); e) bromato(**V**) de mercurio(**II**); f) sulfato(**VI**) de zinc(**II**); g) nitrato(**V**) de bario(**II**); h) yoduro de manganeso(**II**).

NOTA: los números en negrita podrían obviarse por tratarse del único número de oxidación que presenta el elemento.

3. a)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ ; b)  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ ; c)  $\text{LiClO}_3$ ; d)  $\text{CoSO}_3$

## 6. RELACIONES DE MASA EN UNA REACCIÓN QUÍMICA

### Masas atómicas

- 28,08 uma
- 69,4% de  $^{63}\text{Cu}$  y 30,6% de  $^{65}\text{Cu}$
- $2,09 \times 10^{24}$  átomos de  $^{63}\text{Cu}$
- 0,0036

### Masa molar y mol

- a) 44 g; b) 30 g; c) 46 g. y a) 10,3 mol; b) 15,1 mol; c) 9,86 mol.
  - 2 g
  - $1,065 \times 10^{-22}$  g
  - $1,67 \times 10^{21}$  moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ /gota
  - $9,0 \times 10^{23}$  moléculas de etano
  - $6,022 \times 10^{22}$  moléculas de etano
  - 2187 g
  - 0,0284 L
  - a) 78,00 uma; b) 128,10 uma; c) 278,02 uma; d) 472,08 uma
  - a) 122,53 uma; b) 97,97 uma; c) 74,08 uma; d) 162,21 uma; e) 233,37 uma; f) 158,35 uma
  - a)  $4,5 \times 10^{23}$  moléculas de  $\text{P}_4$ ; b)  $1,8 \times 10^{24}$  átomos de P; c) 3,0 mol de átomos P
  - a) 0,02 mol; b) 0,008 mol
  - 0,05 mol
  - a) 1,56 mol de moléculas; b)  $9,40 \times 10^{23}$  moléculas; c) 9,36 mol de átomos; d)  $5,64 \times 10^{24}$  átomos; e) 1,56 mol de átomos de oxígeno; f)  $9,40 \times 10^{23}$  átomos de oxígeno
  - a) 86,1 g; b) 387,82 g; c) 119,6 g.
  - a) 392,2 g; b) 277,96 g; c) 329,25 g; d) 223,21 g; e) 381,37 g.
  - a)  $1,81 \times 10^{24}$  átomos de O; b)  $6,022 \times 10^{23}$  átomos de N
  - a) 8,58 g; b) 0,16 mol de O
  - 158,4 g; b)  $78,114 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; c)  $7,33 \times 10^{24}$  átomos de C
  - 2,0 g de He (opción c)
  - 0,396 g
  - $5,07 \times 10^{21}$  átomos
  - 45 mol de átomos de S
- ### Cálculos estequiométricos
- a)  $2 \text{NO}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4 (\text{g})$ ; b) III
  - 306,25 g
  - a) Cu b) 0,47 mol

### Composición porcentual

1. 72,36% de Fe

2. 13,0% de S

3. 66,51% de Cu

4. a) Na = 29,08%, S = 40,56%, O = 30,36%; b) Na = 18,5%, S = 25,8%, H = 4,1%, O = 51,6%;

c) K = 31,9%, Cl = 28,9%, O = 39,2%

5. K = 37,0%, Fe = 13,2%, C = 17,1%, N = 19,9%, H<sub>2</sub>O = 12,8%.

**Fórmula empírica y fórmula molecular**

1. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

2. Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

3. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

4. FeO

5. Fe<sub>4</sub>S<sub>3</sub>

6. C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>

7. V<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

8. MgO

9. Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.