

3

Las sustancias químicas

Todo lo que nos rodea, e incluso nosotros mismos, estamos constituidos por sustancias químicas. Sin ellas nada sería posible. El aire que respiramos, el suelo que pisamos, la comida que consumimos, la ropa que vestimos, las medicinas que nos curan, el Sol, los planetas... todo es química. Nuestras células están formadas por sustancias químicas, incluso el ADN que contiene nuestros genes y que nos hace ser casi iguales o totalmente diferentes es pura química.

Cada sustancia química está constituida por átomos unidos en una proporción fija y constante. Estas sustancias cuando se combinan pueden sufrir transformaciones, que también se conocen como procesos químicos, que conducen a formar otras nuevas a partir de las iniciales. La química es la base de la vida y de los cambios que se producen en la materia que constituye el Universo.



Contenidos

1. Metales y no metales.
2. El Sistema Periódico actual.
3. Elementos químicos más representativos.
 - 3.1. Principales usos de los elementos químicos.
4. Uniones entre átomos: moléculas y cristales.
 - 4.1. Enlace metálico.
 - 4.2. Enlace covalente.
 - 4.3. Enlace iónico.
5. Masas moleculares.
 - 5.1. Composición centesimal.
6. Algunos compuestos químicos corrientes.
 - 6.1. Compuestos binarios.
 - 6.2. Compuestos ternarios.



¿Qué sabes de...?

1. ¿Qué propiedades caracterizan a los metales?
 - a) Son sólidos a temperatura ambiente.
 - b) Conducen la corriente eléctrica.
 - c) Son bastante duros.
 - d) Tienen brillo propio.
2. ¿Cómo se ordenan los elementos químicos en el Sistema Periódico?
 - a) Por su masa creciente.
 - b) Por sus propiedades similares.
 - c) Su clasificación es alfabética.
 - d) No se pueden ordenar.
3. ¿Cómo están constituidas las sustancias químicas?
 - a) Son uniones de átomos iguales.
 - b) Son uniones de átomos distintos.
 - c) Son uniones de átomos iguales y/o distintos en una proporción fija.
 - d) Son uniones de átomos iguales y/o distintos.
4. ¿Cómo se expresa el valor de la masa de una molécula?
 - a) Se suele expresar en unidades de masa atómica (u).
 - b) Se suele expresar en gramos (g).
 - c) No se puede calcular.
 - d) Varía según el estado físico de esa sustancia.
5. ¿Cómo es la fórmula de una determinada sustancia química?
 - a) Es siempre la misma.
 - b) Varía según la forma de comprobarla.
 - c) Varía según el estado físico de esa sustancia.
 - d) Varía con el tiempo.

Piensa en lo que sabes ahora sobre estas preguntas relacionadas con las sustancias químicas y comprueba tus respuestas con lo aprendido al final de la unidad.

No te preocupes si no las contestas correctamente porque al final de la unidad, si vuelves a intentarlo, comprobarás que no tienes dificultad para resolverlas.



Una web

www.3dchem.com/table.asp

Excelente página que permite conocer la representación tridimensional de una gran cantidad de moléculas.

Permite búsquedas a partir de la Tabla Periódica o bien a partir del nombre de la molécula, mediante un listado alfabético.



Competencias básicas

1. Comunicación lingüística.
2. Matemática.
3. Conocimiento e interacción con el mundo físico.
4. Tratamiento de la información y competencia digital.

? Sabías que...

Los elementos más maleables, en orden creciente, son: hierro, cinc, plomo, platino, estaño, cobre, plata y oro.



Figura 3.1.
El plomo es un metal.

1. Metales y no metales

Los **elementos químicos** tienen diferentes propiedades que les caracterizan, pero hay otras que son comunes a unos cuantos de ellos, por lo que habitualmente se les clasifica en función de ciertas propiedades físicas.

Esta clasificación los divide en elementos metálicos y no metálicos.

Los **metales** tienen las siguientes propiedades físicas:

- Poseen un brillo característico llamado brillo metálico (Fig. 3.1).
- Son sólidos a temperatura ambiente (excepto el mercurio).
- Sus temperaturas de fusión y ebullición son bastante elevadas.
- Son buenos conductores del calor y de la electricidad.
- Son dúctiles, es decir se pueden estirar en hilos.
- Son maleables, es decir, se pueden extender en láminas o planchas.

Los **no metales**, en cambio, se caracterizan porque:

- No poseen brillo metálico.
- A temperatura ambiente pueden ser sólidos, líquidos o gases.
- Sus puntos de fusión y ebullición, por lo general, son bajos.
- No conducen el calor ni la electricidad.
- En general se rompen con facilidad, es decir, son frágiles.

2. El Sistema Periódico actual

Esta primera clasificación en metales y no metales no aporta demasiada información, así que es preciso mejorarla.

Para ello, actualmente los elementos se organizan siguiendo un **orden creciente de números atómicos**, pero manteniendo el criterio de similitud de propiedades correspondiente a las familias en que se agrupan. Dicha agrupación se denomina **Tabla Periódica** o **Sistema Periódico**.

Las familias se denominan también grupos, y forman las columnas de la Tabla Periódica. Las diversas filas en las que los elementos se ordenan por número atómico creciente se denominan periodos.

Cuanto más a la izquierda esté un elemento dentro de un periodo y cuanto más abajo se encuentre dentro de un grupo, más acentuadas serán sus características metálicas.

**Ten en cuenta**

La peculiar forma que tiene la Tabla Periódica es para conseguir que elementos similares en cuanto a sus propiedades se encuentren en el mismo grupo, esto es, en la misma columna.

Como puedes ver en la página siguiente (Fig. 3.2), las casillas de la Tabla Periódica son de diferentes colores. Las azules pertenecen a los elementos considerados como metales, las verdes a los considerados no metales y las amarillas a los considerados metaloides.

Estos últimos son elementos con propiedades intermedias entre los metales y los no metales. Son boro, aluminio, silicio, germanio, arsénico, antimonio, telurio, polonio y ástato.

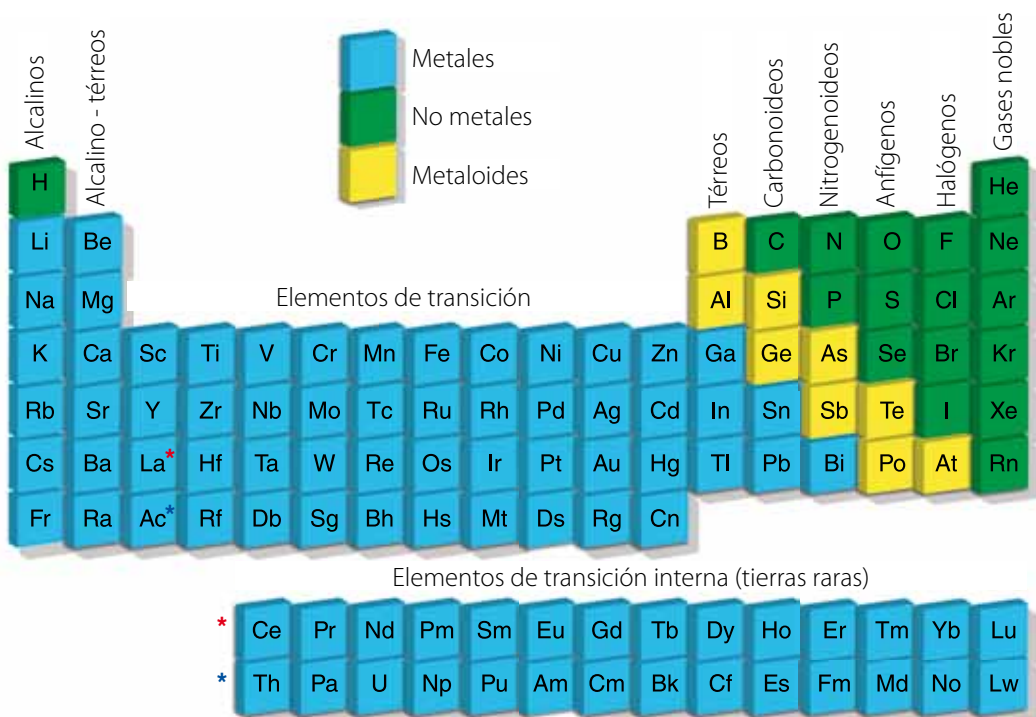


Figura 3.2.
Sistema Periódico.



Ten en cuenta

La información que da esta ordenación y la Tabla Periódica en sí misma es muy extensa, por lo que la estudiarás detenidamente en cursos sucesivos. El conocer bien la Tabla Periódica es una ayuda importantísima para cualquier persona interesada en saber o trabajar en aspectos relacionados con la Química, y es la clave que nos ayuda a formular y a nombrar con facilidad los compuestos químicos.

Hoy en día, utilizando rayos X, como en las radiografías, podemos conocer experimentalmente el número atómico de los elementos, es decir, el **número de protones** que tiene un elemento en el núcleo del átomo; sin embargo, el primer Sistema Periódico se hizo basándose única y exclusivamente en las propiedades de los elementos descubiertos hasta entonces, puesto que todavía no se conocía el número atómico.






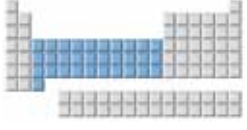

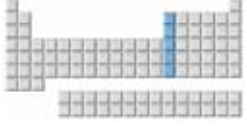




Actividades

- ¿En qué se basa el orden en que se colocan los elementos en el Sistema Periódico?
- Indica qué son los grupos y los periodos del Sistema Periódico.
- Busca, fijándote en la masa atómica de cada elemento que aparece en el Sistema Periódico, si se puede o no decir que los elementos se ordenan según su masa atómica.
- Busca cinco elementos que en su estado natural sean gases, e indica el símbolo con el que se representan. A continuación, busca tres elementos que en su estado natural sean líquidos, e indica si son metales o no metales.
- Busca cinco elementos que en su estado natural sean sólidos, e indica si son metales o no metales.
- ¿Crees que sería posible transformar un elemento en otro? ¿Cómo podría hacerse?
- Indica siete elementos metálicos y siete no metálicos.
- El hidrógeno, ¿es un metal o un no metal?
- ¿Cómo son las propiedades de los elementos que se incluyen en una misma familia o grupo?
- Busca información acerca de lo que ocurre actualmente con el ozono (O_3) atmosférico. Redacta un pequeño informe.

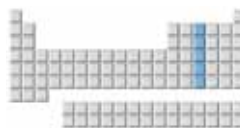
3. Elementos químicos más representativos

Los elementos químicos que tienen **propiedades similares** se agrupan en lo que se denominan **familias o grupos**. Las familias más importantes son:

		<ul style="list-style-type: none"> ● Alcalinos (grupo 1) <p>Este grupo incluye elementos como litio (Li), sodio (Na) y potasio (K). Son metales sólidos a temperatura ambiente, blandos (se pueden cortar hasta con una espátula) y forman iones con una carga positiva. Tienen gran facilidad para reaccionar con otras sustancias, por lo que no se encuentran libres en la naturaleza, sino formando compuestos químicos.</p> <p>Se oxidan fácilmente, es decir, reaccionan con el oxígeno en contacto con el aire, y reaccionan vigorosamente con el agua formando hidróxidos (que son un tipo de compuestos que estudiaremos más adelante), desprendiendo en este proceso hidrógeno gas.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ● Alcalinotérreos (grupo 2) <p>Pertenecen a esta familia elementos como berilio (Be), magnesio (Mg), calcio (Ca) y bario (Ba). Son también metales, aunque menos blandos y reactivos que los alcalinos y forman iones con dos cargas positivas. Se oxidan fácilmente en contacto con el aire y reaccionan, aunque no tan violentamente como los alcalinos, con el agua (excepto el berilio) para formar hidróxidos e hidrógeno gas.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ● Elementos de transición (grupos 3 al 12) <p>Incluye elementos como manganeso (Mn), hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), cinc (Zn), plata (Ag), cadmio (Cd), platino (Pt), oro (Au) y mercurio (Hg). Son los que comúnmente denominamos metales.</p> <p>Son sólidos a temperatura ambiente, excepto el mercurio. En la Naturaleza se encuentran compuestos de todos ellos aunque algunos se hallan habitualmente libres, es decir, sin combinar. Conducen fácilmente la corriente eléctrica y el calor y forman iones con diversos valores de carga positiva.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ● Térreos o boroideos (grupo 13) <p>Incluyen elementos como boro (B) y aluminio (Al). Se presentan en estado sólido a temperatura ambiente, no se encuentran libres en la naturaleza y forman iones con tres cargas positivas.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ● Carbonoideos (grupo 14) <p>Algunos elementos de este grupo son carbono (C), silicio (Si), estaño (Sn) y plomo (Pb). El carbono en estado elemental es sólido y se halla en la naturaleza en dos formas cristalinas: diamante y grafito. Su forma amorfa constituye los diversos tipos de carbón. El silicio, que siempre se encuentra combinado, se halla en forma de sílice (arena) o rocas de tipo silicato. El estaño y el plomo aparecen habitualmente en combinación con otros elementos.</p>

- **Nitrogenoideos** (grupo 15)

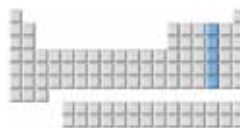
Algunos de estos elementos son **nitrógeno (N)** y **fósforo (P)**. El nitrógeno se halla formando multitud de compuestos y, en estado libre, en forma de molécula diatómica, es decir, con dos átomos de nitrógeno (N_2). Es el gas más abundante de la atmósfera, ya que constituye el 78 % de su volumen. Es muy poco reactivo. A partir de los nitratos origina compuestos nutrientes de las plantas que a su vez son ingeridas por los animales para producir proteínas. El fósforo es un sólido que puede presentarse en color blanco o rojo, aunque normalmente se encuentra formando unos compuestos denominados fosfatos. Ambos **forman iones con tres cargas negativas**.



Fósforo en dos formas: rojo y blanco.

- **Anfígenos** (grupo 16)

Los principales son **oxígeno (O)** y **azufre (S)**. En la Naturaleza el oxígeno se halla en forma de agua, óxidos, y en multitud de ácidos y sales; y libre en forma de molécula diatómica (O_2). Constituye el 21 % en volumen de la atmósfera. Es esencial para el progreso y preservación de la vida. El azufre es un sólido de color amarillo. Ambos **forman iones con dos cargas negativas**.



Cristales de azufre sobre una roca.

- **Halógenos** (grupo 17)

En este grupo están **flúor (F)**, **cloro (Cl)**, **bromo (Br)** y **yodo (I)**. En la naturaleza siempre están combinados, aunque cuando los sintetizamos (los separamos de otros elementos) siempre se presentan en forma de moléculas diatómicas, como el flúor (F_2), que es un gas amarillo pálido; el cloro (Cl_2), que es un gas verdoso; el bromo (Br_2), que es un líquido pardo rojizo; y el yodo (I_2), que es un sólido de color púrpura oscuro con brillo.

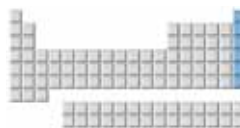
Forman iones con una carga negativa. Con el hidrógeno forman compuestos que al disolverse en agua, le confieren propiedades ácidas, y se les denomina ácidos hidrácidos. Por ejemplo, el cloruro de hidrógeno gas, $HCl(g)$, al disolverse en agua se denomina ácido clorhídrico y se escribe como $HCl(ac)$.



Elemento bromo.

- **Gases nobles o inertes** (grupo 18)

Algunos de ellos son **helio (He)**, **neón (Ne)** y **argón (Ar)**. Son gases que no forman moléculas, es decir se encuentran como átomos libres. No reaccionan con otros elementos; de ahí la denominación de gases inertes. El helio se halla habitualmente en las estrellas como resultado de la fusión del hidrógeno que contienen. También se encuentran en la atmósfera terrestre junto con el neón y el argón, que constituye el 0,93 % del volumen de nuestra atmósfera.

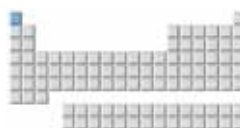


Elemento helio y luz de helio.

- **Hidrógeno**

Es el elemento más abundante del Universo, totalizando hasta el 70 % de su masa total. Es el gas que forma el Sol y las estrellas, y del que, mediante fusión nuclear, obtienen su energía en forma de luz y calor. En la Tierra es el tercer elemento más abundante y normalmente se encuentra combinado; por lo general se encuentra unido al oxígeno en forma de agua, y al carbono, constituyendo la materia viva y las sustancias orgánicas. En estado libre se presenta en estado gaseoso en forma de molécula diatómica (H_2).

Forma iones de dos tipos: con una carga positiva o con una negativa.



Elemento hidrógeno, el más abundante del Universo.



Figura 3.3.
Objetos contruidos con cobre.

? Sabías que...

El oxígeno también se puede presentar como molécula triatómica: el ozono (O_3) que se encuentra en la atmósfera y nos protege de los peligrosos rayos ultravioleta del Sol.

Experimenta en casa

Obtén elementos químicos.

Busca en Internet distintas formas de encontrar elementos en estado puro o casi puro. Haz una pequeña colección de ellos según las indicaciones de tu profesor, verás que puedes obtener muchos. En el CEO aparece una lista de dónde o cómo obtenerlos.



Figura 3.4.
El mercurio está dentro de los termómetros tradicionales.

? Sabías que...

Los gases nitrógeno y oxígeno pueden reaccionar en el interior de los motores de los automóviles produciendo gases contaminantes que generan el *smog* [*smoke* (humo) + *fog* (niebla)] en las ciudades.

3.1 Principales usos de los elementos químicos

Alcalinos	Litio	Baterías eléctricas, cerámicas y lentes de telescopios.
	Sodio	Células fotoeléctricas, refrigerante, lámparas de alumbrado público.
	Potasio	Células fotoeléctricas.
Alcalino-térreos	Berilio	Placas de rayos X, reactores nucleares, hardware.
	Magnesio	Envases de bebidas, componentes de automóviles, flashes fotográficos.
	Calcio	Purificador de metales, productos lácteos, medicamentos.
	Bario	Pirotecnia, recubrimiento de conductores eléctricos.
	Hierro	Productos siderúrgicos (con el carbono forma el acero).
	Cobalto	Aleaciones para turbinas de aviones, recubrimientos resistentes a corrosión, catálisis del petróleo, pigmentos, secante de pinturas, radioterapia.
	Níquel	Acero inoxidable, baterías recargables, robótica, acuñación de monedas.
	Cobre (Fig. 3.3)	Cables eléctricos y telefónicos, radiadores y frenos de automóviles, catenarias de trenes, tuberías de agua, monedas.
	Cinc	Protector contra la corrosión, industria aeroespacial y de ordenadores.
	Plata	Monedas, orfebrería, industria fotográfica, medicina.
Térreos	Cadmio	Baterías, reactores nucleares.
	Mercurio (Fig. 3.4)	Espejos, termómetros, lámparas, explosivos.
	Boro	Industrias aeroespacial y pirotécnica.
Carbonoideos	Aluminio	Espejos de telescopios, carpintería metálica, empaque alimentos, combustible de cohetes.
	Carbono	Aceros, reactores nucleares, medicina, datación radiométrica, fibras poliméricas.
	Silicio	Fabricación de chips, siliconas, cerámicas.
	Estaño	Protector de metales, obtención bronce.
Nitrogenoideos	Plomo	Recubrimiento de cables, pigmentos.
	Nitrógeno	Fabricación de amoníaco y atmósferas inertes.
Anfígenos	Fósforo	Raticidas, cerillas.
	Oxígeno	Propulsión cohetes, soldadura, fabricación de acero, medicina.
Halógenos	Azufre	Fabricación de pólvora, vulcanizado del caucho, fungicidas.
	Flúor	Plásticos, semiconductores, medicina.
	Cloro	Plásticos, fármacos, insecticidas, colorantes.
	Bromo	Síntesis de antidetonante de gasolina.
Gases nobles	Yodo	Medicinas y colorantes.
	Helio	Criogenia, reactores nucleares, láseres.
	Neón	Tubos luminosos, criogenia, láseres.

4. Uniones entre átomos: moléculas y cristales

Los átomos se unen para conseguir disminuir su energía y así ser más estables. Cuando esto ocurre se originan uniones a las que llamamos **enlaces**; entonces se forman sustancias constituidas por moléculas o estructuras cristalinas elementales, en las que se hallan presentes varios átomos.

Los átomos de un elemento se pueden unir consigo mismos o con átomos de otros elementos, de manera que la naturaleza del enlace depende del tipo de elementos que se unen.

Las uniones (enlaces) entre átomos se realizan a través de fuerzas de atracción eléctricas entre los electrones de cada uno de ellos y los núcleos de los otros.



Ten en cuenta

De todas las combinaciones posibles entre elementos, solo existen aquellas en las que al unirse los elementos, consiguen disminuir la energía que tenían los átomos separados.

4.1 Enlace metálico

Cuando se trata de **elementos metálicos**, los átomos del metal se liberan de algunos electrones convirtiéndose en iones positivos; estos se sitúan siguiendo un orden regular al que llamamos **estructura cristalina**. Son agrupaciones de iones iguales con los electrones a su alrededor. Este tipo de unión se denomina **enlace metálico**.

Por ejemplo, un trozo de hierro es un sólido cristalino formado por iones de hierro organizados en una estructura con forma de cubo, en la que dichos iones están situados en los vértices y en el centro (Fig. 3.5 a). Un trozo de sodio, por ejemplo, está formado por una estructura similar.

Alrededor, y en los huecos de las estructuras de cualquier metal, se encuentran los electrones previamente liberados, formando una especie de nube electrónica (como una nube de mosquitos). Como se pueden mover con facilidad, son los causantes de propiedades básicas de los metales, como el que conduzcan la corriente eléctrica.

El cobre, en cambio, tiene a sus iones formando una estructura también con forma de cubo, pero en esta están situados en los vértices y en el centro de las caras (Fig. 3.5 b).

Estas estructuras unitarias se agrupan entre ellas formando una estructura mucho mayor, que es lo que denominamos **cristal**.



Sabías que...

Una aleación es una mezcla de dos o más metales para mejorar sus propiedades. Pero no se forman nuevos compuestos, ya que la proporción en la que se encuentran los metales no es constante.

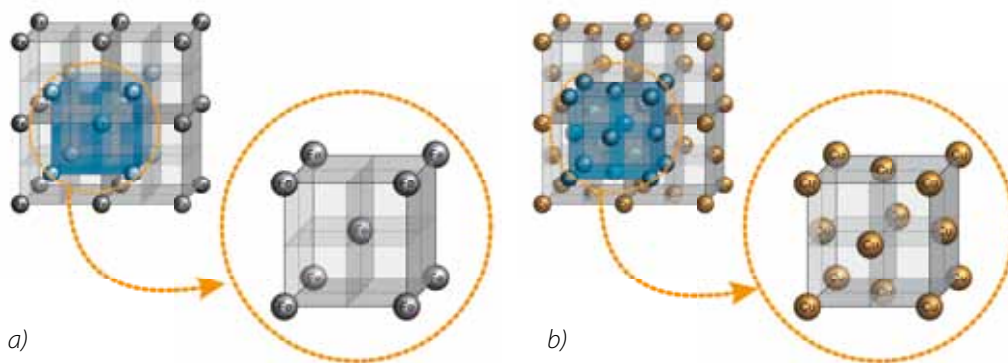


Figura 3.5.

a) Estructura cristalina del hierro. b) Estructura cristalina del cobre.

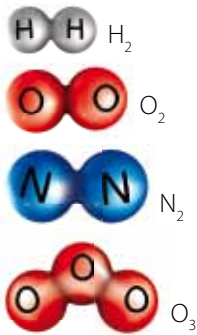


Figura 3.6.

Representación de algunas moléculas.

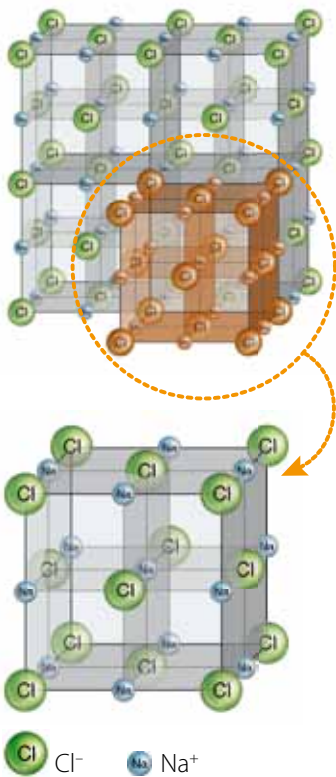


Figura 3.7.

Red iónica del cloruro de sodio.



Recuerda

Los átomos se unen formando moléculas o cristales.

A temperatura ambiente, las moléculas pueden formar sustancias sólidas, líquidas y gaseosas, mientras que los cristales solo son sólidos.

4.2 Enlace covalente

Los **elementos no metálicos** se pueden unir entre sí o con el hidrógeno formando **moléculas**.

Las moléculas son agrupaciones de dos o más átomos, iguales o distintos, pero por lo general, en número reducido. Este tipo de unión se denomina **enlace covalente** y se produce al compartir esos átomos algunos de sus electrones (Fig. 3.6).

Hidrógeno	H ₂	Ozono	O ₃
Flúor	F ₂	Nitrógeno	N ₂
Cloro	Cl ₂	Fósforo	P ₄
Bromo	Br ₂	Azufre	S ₈
Yodo	I ₂	Agua	H ₂ O
Oxígeno	O ₂	Amoniaco	NH ₃

Tabla 3.1.

Algunas moléculas importantes.

4.3 Enlace iónico

Los **elementos metálicos se unen a los no metálicos** formando también redes cristalinas de forma similar a las comentadas anteriormente. La gran diferencia es que en este caso son **iones** de distinta carga (cationes y aniones) los que constituyen la **red cristalina**, y no hay electrones libres. Por ejemplo, el cloruro de sodio (NaCl), también llamado sal común, está formado por iones de sodio (Na⁺) e iones de cloro (Cl⁻) que se colocan en forma de red. Esta unión se denomina **enlace iónico** (Fig. 3.7).

Las sales que contienen oxígeno, como por ejemplo, el sulfato de calcio (CaSO₄), están constituidas por iones compuestos [(SO₄)²⁻], unidos con iones metálicos (Ca²⁺), formando un cristal similar a los ya comentados (Fig 3.8).

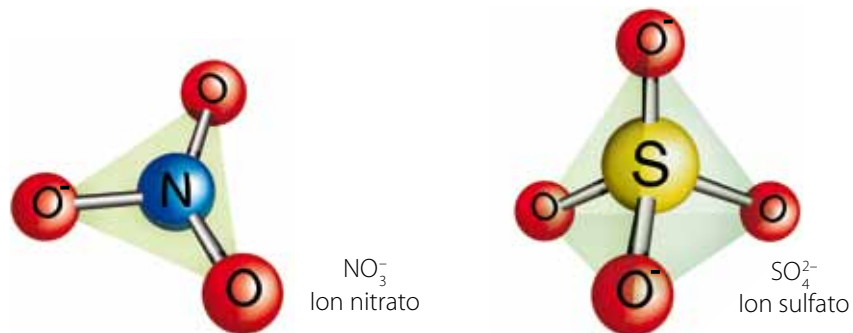


Figura 3.8.

Estructura de algunos iones moleculares.



Actividades

- Coge un poco de sal de cocina. Separa uno de los cristales y descríbelo. ¿Dónde estarán los iones que hemos comentado en el texto?
- Indica el estado físico en que se pueden presentar las sustancias formadas por moléculas y las formadas por cristales.

5. Masas moleculares

Se puede calcular la masa que corresponde a cada uno de los compuestos químicos sumando las masas atómicas de todos los átomos que aparecen en su fórmula. Aunque se denomina **masa molecular**, se aplica tanto a **moléculas** como a **crisales**, es decir, a todos los compuestos químicos. En el caso de los cristales, se utiliza para calcular la proporción más elemental que hay entre los iones del compuesto iónico.

Cuando veas una fórmula date cuenta de que los subíndices que aparecen en ella indican el número de átomos de ese elemento que existen en el compuesto, o en el caso de los cristales, su proporción elemental.

El paréntesis funciona como en matemáticas, es decir, un subíndice después de un paréntesis multiplica a todos los átomos que se encuentran dentro de él. Por ejemplo, la sustancia nitrato cúprico $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ está formada por un átomo de cobre, dos de nitrógeno y seis de oxígeno. Sin paréntesis la fórmula sería: CuN_2O_6 .



Ejemplo 1

Calcula la masa molecular (M_m) del sulfato de aluminio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Solución

Este compuesto está formado por 2 átomos de aluminio (Al), 3 átomos de azufre (S) y 12 átomos de oxígeno (O).

Sus masas atómicas (que puedes ver en la Tabla Periódica) son:

$$\text{Al} = 27 \text{ u}; \text{S} = 32 \text{ u} \text{ y } \text{O} = 16 \text{ u}.$$

La masa molecular se calcula así:

$$M_m = 27 \text{ u} \cdot 2 + (32 \text{ u} \cdot 1 + 16 \text{ u} \cdot 4) \cdot 3 = 342 \text{ u}.$$

Como ves se trata de comparar cuántas veces es mayor la masa de la molécula que la doceava parte de la masa del carbono (12 u), que como vimos en la Unidad anterior nos sirve de referencia para fijar la unidad de masa.



Ejemplo 2



Calcula, expresándola en gramos, la masa de la molécula de ácido sulfúrico, H_2SO_4

Solución

Está formado por 2 átomos de hidrógeno (H), 1 átomo de azufre (S) y 4 átomos de oxígeno (O).

Sus masas atómicas son: $\text{H} = 1 \text{ u}$; $\text{S} = 32 \text{ u}$ y $\text{O} = 16 \text{ u}$.

La masa molecular será: $M_m = 1 \text{ u} \cdot 2 + 32 \text{ u} \cdot 1 + 16 \text{ u} \cdot 4 = 98 \text{ u}$.

La masa en gramos será: $98 \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}}{1 \text{ u}} = 1,63 \cdot 10^{-22} \text{ g}$.



Actividades

13. Indica cuántos átomos de cada elemento hay en los siguientes compuestos: a) Ag_2S , b) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y c) $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$
14. Calcula la masa molecular de las siguientes sustancias: a) NaCl , b) CaCO_3 y c) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. (Consulta las masas atómicas de los elementos en la Tabla Periódica en la página 72 de este libro).



Sabías que...

En las fórmulas se utilizan paréntesis que engloban grupos de átomos porque viéndolos así es más fácil identificar la molécula de que se trata, como aprenderás más adelante.



Recuerda

$1 \text{ u (uma)} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$.

**Recuerda**

La fórmula de cada sustancia química es invariable y diferente a la de las demás sustancias.

5.1 Composición centesimal

La fórmula de un compuesto químico es siempre la misma; por eso cada elemento siempre está en la misma proporción, es decir, siempre hay la misma relación entre el número de átomos de los distintos elementos.

El porcentaje de cada elemento en un compuesto químico se puede calcular fácilmente a partir de la masa molecular del mismo. La forma de calcularlo es muy sencilla, como puedes ver en el ejemplo 3. Consiste en aplicar factores de conversión para conocer el tanto por ciento de cada elemento presente en el compuesto.

**Ejemplo 3**

Calcula la composición centesimal del nitrato de aluminio, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

Solución

Primero es preciso calcular la masa molecular del nitrato de aluminio.

Este compuesto está formado por 1 átomo de aluminio (Al), 3 átomos de nitrógeno (N) y 9 átomos de oxígeno (O).

Sus masas atómicas son: Al = 27 u; N = 14 u y O = 16 u.

La masa molecular se calcula así: $M_m = 27 \text{ u} \cdot 1 + 14 \text{ u} \cdot 3 + 16 \text{ u} \cdot 9 = 213 \text{ u}$.

El porcentaje de cada elemento en el compuesto se calcula partiendo de la cantidad de átomos que tenemos de ese elemento, calculando su masa y relacionándolo con la masa total del compuesto.

$$1 \text{ átomo de Al} \cdot \frac{27 \text{ u}}{1 \text{ átomo de Al}} \cdot \frac{100 \%}{213 \text{ u}} = 12,7 \% \text{ de Al.}$$

$$3 \text{ átomos de N} \cdot \frac{14 \text{ u}}{1 \text{ átomo de N}} \cdot \frac{100 \%}{213 \text{ u}} = 19,7 \% \text{ de N.}$$

$$9 \text{ átomos de O} \cdot \frac{16 \text{ u}}{1 \text{ átomo de O}} \cdot \frac{100 \%}{213 \text{ u}} = 67,6 \% \text{ de O.}$$

**Web****Calculadora de masa molecular**

Web:

visionlearning.com/MW_calculator.shtml



Si introduces la fórmula del compuesto o símbolo del átomo calcula la masa molecular o atómica de la sustancia.

**Actividades**

- Calcula la composición centesimal de los siguientes compuestos: a) Fe_2O_3 , b) H_2CO_3 y c) KMnO_4 .
- Sabemos que un compuesto contiene carbono, oxígeno y calcio. Si un 23 % de lo que contiene es carbono y un 42 % es oxígeno, ¿qué porcentaje de calcio contendrá?
- Se pretende analizar una muestra de carbonato de sodio, Na_2CO_3 , que contiene $8,25 \cdot 10^{24}$ moléculas. Calcula la masa molecular del carbonato de sodio y determina la composición centesimal de la muestra analizada.

6. Algunos compuestos químicos corrientes

Los compuestos químicos se caracterizan por tener una fórmula determinada que es diferente para cada uno de ellos.

En la **fórmula química** aparecen los elementos que componen la sustancia, y como subíndice los átomos que de cada elemento tenemos en ese compuesto.

Por ejemplo, el sulfato de hierro (III), también llamado sulfato férrico, tiene la siguiente fórmula: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, lo que significa que ese compuesto está formado por esos elementos en proporción de dos átomos de hierro por cada tres de azufre, y doce de oxígeno; la existencia del paréntesis está relacionada con el tipo de uniones que presentan esos átomos.

Si aparece algún número con un **signo (positivo o negativo)** a la derecha como superíndice, significa que esa sustancia es un **ion**, y ese número indica la carga que tiene dicho ion. Por ejemplo, el anión sulfato tiene de fórmula (SO_4^{2-}) , lo que significa que está formado por un átomo de azufre y cuatro de oxígeno, y en conjunto ese ion actúa con carga dos negativa (-2). El catión férrico se expresa como Fe^{3+} , lo que significa que es un ion que actúa con carga tres positiva (+3). La unión de ambos iones constituye la sustancia denominada sulfato férrico.

Cuando se habla de cristales, para simplificar y facilitar así su comprensión, se les suele tratar como unidades moleculares, aunque no lo sean en realidad.

En la Figura 3.9 puedes observar diferentes representaciones gráficas de los átomos empleando lo que se denomina «**modelo de bolas**». Con este modelo los átomos se representan mediante esferas o bolas de diferentes tamaño y color. Los tamaños de las bolas son proporcionales entre sí según el volumen de los átomos correspondientes. El color de la bola asignado a cada elemento se mantiene en las diferentes fórmulas representadas, y normalmente tiene relación con el color del elemento en estado libre (por ejemplo, el del oxígeno es rojo porque produce combustiones).

A continuación vamos a indicar la fórmula de unos cuantos compuestos químicos importantes, ya sea por su utilidad en el laboratorio, en la industria o en la vida diaria.

Aunque posteriormente aprendas la lógica de la nomenclatura (es decir, cómo se nombran) y cómo se obtienen las fórmulas (cómo se formulan) de los compuestos químicos, al principio es conveniente que aprendas algunos para que te vayas familiarizando con ellos. Observa, de todas maneras, que en el caso de los compuestos iónicos, el catión siempre aparece a la izquierda y el anión a la derecha.



Actividades

18. En la Figura 3.9 aparecen los átomos en forma de bolas de diferentes tamaños. Obtén información a través de Internet para saber los volúmenes de cada uno de ellos: hidrógeno, oxígeno, carbono, azufre, nitrógeno y hierro.

Indica también los volúmenes de los átomos de las figuras 3.10, 3.11 y 3.12: aluminio, bromo y calcio.



Sabías que...

Hay unas normas sobre cómo se nombran los compuestos y sobre qué fórmula tienen, que puedes aprender si las buscas en el anexo que hay al final del libro.

Aunque es importante que te las aprendas, también lo es que sepas «de memoria» el nombre y la fórmula de los compuestos más importantes que existen en el mundo de la Química.



Sabías que...

Observa que a la hora de nombrar un compuesto químico siempre se empieza por los elementos escritos a la derecha en la fórmula.

Tipo de ÁTOMO	Tipo de BOLA
Hidrógeno (H)	Gris clara 
Oxígeno (O)	Roja fuerte 
Carbono (C)	Negra 
Azufre (S)	Amarilla 
Nitrógeno (N)	Azul 
Hierro (Fe)	Gris oscura 

Figura 3.9.

Modelo de bolas. Los colores de las bolas de los átomos están establecidos. Aparecen en la siguiente web:

www.3dchem.com/table.asp

6.1 Compuestos binarios

Los compuestos binarios son los formados por **dos tipos de elementos** distintos.

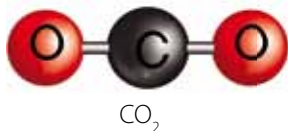


Figura 3.10.
Estructura del dióxido de carbono (CO_2).

Óxidos

Son combinaciones del **oxígeno con otro elemento**, ya sea metálico o no metálico. Algunos ejemplos importantes son:

Nombre	Fórmula	Nombre	Fórmula
Óxido de calcio	CaO	Óxido de aluminio	Al_2O_3
Óxido de hierro (II)	FeO	Óxido de hierro (III)	Fe_2O_3
Monóxido de carbono	CO	Dióxido de carbono	CO_2
Dióxido de silicio	SiO_2	Dióxido de azufre	SO_2

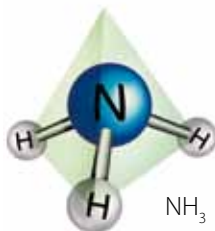


Figura 3.11.
Estructura del amoníaco (NH_3).

Hidruros

Son combinaciones del **hidrógeno con otro elemento**, ya sea metálico o no metálico. Algunos ejemplos importantes son:

Nombre	Fórmula	Nombre	Fórmula
Hidruro de sodio	NaH	Hidruro de potasio	KH
Cloruro de hidrógeno	HCl	Sulfuro de hidrógeno	H_2S
Amoníaco	NH_3	Metano	CH_4
Hidruro de calcio	CaH_2	Estibano	SbH_3
Hidruro de magnesio	MgH_2	Fosfano	PH_3

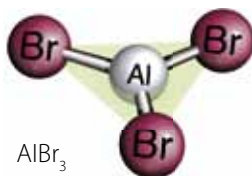


Figura 3.12.
Estructura del bromuro de aluminio (AlBr_3).

Sales haloideas

Son combinaciones de un **elemento metálico con otro no metálico**. Algunos ejemplos importantes son:

Nombre	Fórmula	Nombre	Fórmula
Cloruro de sodio	NaCl	Cloruro de potasio	KCl
Bromuro de aluminio	AlBr_3	Bromuro de plomo (II)	PbBr_2
Yoduro de potasio	KI	Yoduro de plata	AgI
Sulfuro de cobre (I)	Cu_2S	Sulfuro de cinc	ZnS
Sulfuro de mercurio (II)	HgS	Sulfuro de cadmio	CdS



Experimenta en casa



Un sencillo experimento para comprobar que el agua es una sustancia compuesta de varios elementos. Lo puedes hacer con una pila de petaca de 4,5 V, dos cables pelados, un vaso con agua y un poco de bicarbonato.

- Disuelve una cucharada de bicarbonato en agua.
- Conecta los cables a la pila e introdúcelos separados en el agua.

Verás que salen burbujas de los dos cables, pero de uno salen más que del otro. En ese se está produciendo hidrógeno y en el otro oxígeno.

En el CEO (Centro de Enseñanza Online) lo tienes explicado con más detalle.

6.2 Compuestos ternarios

Son aquellos formados por **tres tipos de elementos** distintos.

Hidróxidos

Son combinaciones de un **metal con grupos hidroxilos (OH⁻)**. Se comportan como bases, es decir, como lo contrario a los ácidos. Algunos ejemplos importantes son:

Nombre	Fórmula	Nombre	Fórmula
Hidróxido de sodio	NaOH	Hidróxido de hierro (II)	Fe(OH) ₂
Hidróxido de plomo (II)	Pb(OH) ₂	Hidróxido de hierro (III)	Fe(OH) ₃
Hidróxido de plomo (IV)	Pb(OH) ₄	Hidróxido de calcio	Ca(OH) ₂

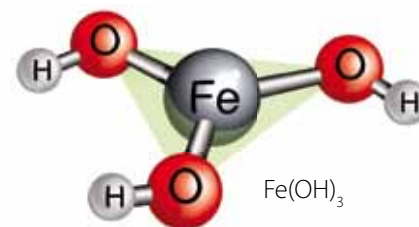


Figura 3.13.

Estructura del hidróxido de hierro (III) [Fe(OH)₃].

Ácidos oxácidos

Son combinaciones de un **no metal con oxígeno e hidrógeno**. Algunos ejemplos importantes son:

Nombre	Fórmula	Nombre	Fórmula
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	Ácido sulfuroso	H ₂ SO ₃
Ácido nítrico	HNO ₃	Ácido nitroso	HNO ₂
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	Ácido perclórico	HClO ₄
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	Ácido carbónico	H ₂ CO ₃

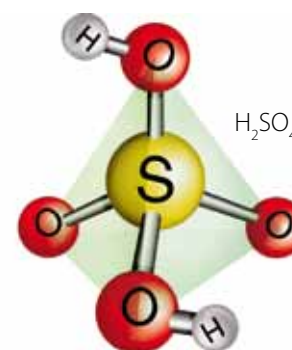


Figura 3.14.

Estructura del ácido sulfúrico (H₂SO₄).

Oxisales

Son combinaciones de un **metal, un no metal y oxígeno**. Algunos ejemplos importantes son:

Nombre	Fórmula	Nombre	Fórmula
Sulfato de sodio	Na ₂ SO ₄	Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄
Sulfato férrico	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Sulfato de cinc	ZnSO ₄
Sulfato ferroso	FeSO ₄	Sulfato de calcio	CaSO ₄
Sulfato de bario	BaSO ₄	Sulfato de cadmio	CdSO ₄
Nitrato cálcico	Ca(NO ₃) ₂	Nitrato sódico	NaNO ₃
Nitrato de plata	AgNO ₃	Nitrato potásico	KNO ₃
Carbonato cálcico	CaCO ₃	Carbonato potásico	K ₂ CO ₃
Carbonato sódico	Na ₂ CO ₃	Carbonato magnésico	MgCO ₃
Clorato de sodio	NaClO ₃	Clorato potásico	KClO ₃
Permanganato potásico	KMnO ₄	Dicromato de potasio	K ₂ Cr ₂ O ₇

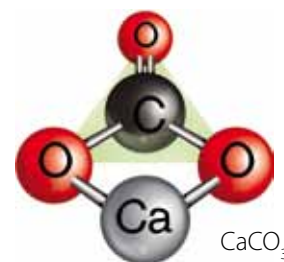


Figura 3.15.

Estructura del carbonato cálcico (CaCO₃).



Actividades

19. Representa, empleando el modelo de bolas, las fórmulas de los siguientes compuestos: a) dióxido de azufre, b) metano y c) ácido nítrico.



Actividades finales

Para repasar

- Indica tres propiedades de las sustancias metálicas y otras tres de las sustancias no metálicas.
- Nombra las familias de los elementos más representativos y pon dos ejemplos de elementos pertenecientes a cada una de ellas.
- Escribe el nombre y el símbolo de diez elementos del periodo 4.
- Escribe el nombre y el símbolo de los elementos del grupo 15.
- Nombra los elementos que componen el grupo de los gases nobles.
- Indica cuál de los siguientes elementos tendrá un carácter más metálico: calcio, cobre o mercurio.
- Indica cuál de los siguientes elementos tendrá un carácter menos metálico: oxígeno, azufre o yodo.
- Comenta las principales características de los elementos halógenos.
- ¿Cuál es la diferencia entre un compuesto cuyos átomos estén unidos mediante un enlace iónico y otro en el que sus átomos estén unidos mediante un enlace covalente?
- Indica cuáles de las siguientes sustancias son moléculas y cuáles cristales: Br_2 , KCl , CaS , O_2 , H_2O y NaNO_3 .
- Indica cuál es el anión y cuál el catión en las siguientes sustancias: ZnS , KI , CdSO_4 y K_2CO_3 .
- ¿Por qué crees que los gases inertes no forman moléculas ni cristales?
- Calcula la masa molecular de las siguientes sustancias: nitrato de plata, sulfato de hierro (III), permanganato de potasio y carbonato magnésico. (Consulta las masas atómicas en la Tabla Periódica de la página 72 de este libro.)
- ¿Qué sustancia tiene mayor masa molecular el sulfuro de cadmio o el de cinc?
- Calcula la composición centesimal del carbonato de calcio y del ácido nítrico.
- ¿Cuál es la diferencia entre un óxido y un hidróxido?
- Escribe las fórmulas de tres óxidos y de tres hidruros.

- Escribe la fórmula de cuatro oxácidos y de cuatro hidróxidos.
- Formula las siguientes sustancias: yoduro de potasio, sulfuro de plata, sulfato plumboso, clorato de sodio y dicromato de potasio.

Para reforzar

- Ordena por su carácter metálico los elementos: Na, Al y Fe.
- Indica el símbolo y qué tipo de iones forman los siguientes elementos: berilio, aluminio, fósforo y flúor.
- Utiliza la Tabla Periódica para comentar las propiedades del elemento de número atómico 20.
- Indica qué tipo de enlace mantiene unidos a los átomos de las siguientes sustancias: oxígeno, cloruro de potasio, hierro, amoníaco, mercurio y sulfuro de cinc.
- Nombra y formula al menos diez moléculas diatómicas que conozcas.
- Calcula la masa molecular de las siguientes sustancias: dicromato de potasio, hidróxido de plomo (IV) y ácido fosfórico.
- Calcula la masa en gramos de la molécula de ácido nítrico.
- Calcula la masa en gramos de una muestra que contenga un millón de moléculas de agua.
- Calcula la composición centesimal de las siguientes sustancias: AgNO_3 , AlBr_3 y H_2SO_4 .
- Sabiendo que el amoníaco contiene 82,4 % de nitrógeno, calcula la cantidad que hay de cada uno de sus componentes en una muestra que contenga 30 g de esa sustancia.
- El ácido sulfúrico es un líquido que contiene un 33 % de azufre, un 65 % de oxígeno y el resto de hidrógeno. Calcula la cantidad que habrá de cada elemento en 1 litro de ese ácido. (La densidad del H_2SO_4 es de 1 800 kg/m³.)
- Indica los iones que forman el KNO_3 y el $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
- Comenta la diferencia que hay entre un oxácido y una oxisal.
- Formula los siguientes compuestos químicos: metano, ácido fosfórico, hidróxido de calcio, nitrato de plata, clorato potásico y sulfuro de cinc.

Lectura



Aplicaciones de algunas sustancias químicas comunes

Sabías que...

Un método para saber si hay vida en un planeta es analizar la atmósfera buscando suficientes restos de amoníaco.

Recuerda

El sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es el yeso.

La mayor parte de las sustancias químicas cuyo nombre y fórmula hemos aprendido en esta unidad tienen gran utilidad en la vida cotidiana.

El **carbonato de calcio** (CaCO_3) se encuentra en rocas como la caliza, las pizarras o el mármol. Mediante su descomposición con calor se obtiene el **óxido de calcio** (CaO), que es la llamada cal viva, empleada sobre todo en la construcción como ingrediente del cemento. Al mezclarla con agua se obtiene el **hidróxido de calcio** [Ca(OH)_2], o cal apagada, pero la reacción es peligrosa pues desprende gran cantidad de calor y sus salpicaduras pueden causar quemaduras.

El hierro en contacto con aire húmedo se oxida rápidamente, formando entonces una sustancia de color pardo que es el **óxido de hierro (III) hidratado** ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), y que vulgarmente se conoce como *herrumbre* u *orín*. El **óxido de hierro (III)**, (Fe_2O_3), se denomina también *rojo veneciano* y es un polvo rojizo empleado como pigmento y para magnetizar cintas y discos.

El **dióxido de silicio** (SiO_2) o **sílice** (Fig. 3.16), se encuentra en la naturaleza como el mineral llamado cuarzo, y también es el componente principal de la arena de la playa.

Los óxidos de carbono son gases que se producen por la combustión del carbón o de los combustibles orgánicos, principalmente. Si la combustión es incompleta, es decir no tiene el suficiente oxígeno, se forma el **monóxido de carbono** (CO), y si es completa se obtiene el **dióxido de carbono** (CO_2). El primero es muy venenoso, pues se enlaza con la hemoglobina de la sangre con más facilidad que el oxígeno, impidiendo la entrada de este, lo que conduce a la muerte por asfixia. El segundo se emplea, entre otras cosas, para fabricar bebidas gaseosas, pero su aumento creciente en la atmósfera es el responsable del denominado *efecto invernadero*, que produce un calentamiento progresivo de la superficie terrestre.



Figura 3.16.
El dióxido de silicio es el componente principal de la arena de la playa.



Figura 3.17.
El dióxido de azufre es un gas presente en las erupciones volcánicas.

El **dióxido de azufre** (SO_2) (Fig. 3.16) surge en las erupciones volcánicas o en la combustión del carbón y de los derivados del petróleo, que como este contiene azufre. Es venenoso y muy contaminante para las ciudades. Al subir a la atmósfera reacciona con el oxígeno oxidándose y formando así el **trióxido de azufre** (SO_3), que combinado con el vapor de agua que allí existe produce **ácido sulfúrico** (H_2SO_4), uno de los ácidos más corrosivos que existen, y que en las precipitaciones cae a la Tierra produciendo la llamada *lluvia ácida*, altamente nociva para animales, vegetales, e incluso ciudades.

El **amoníaco** (NH_3) es un gas de olor picante que se emplea para uso doméstico, como detergente, disuelto en agua en una proporción al 10 % en volumen.



Conceptos básicos

- **Metales:** sustancias generalmente sólidas a temperatura ambiente, con brillo, altas temperaturas de fusión y ebullición, conductores del calor y la electricidad, dúctiles y maleables.
- **No metales:** sustancias sólidas, líquidas o gaseosas a temperatura ambiente, con bajas temperaturas de fusión y ebullición, no conductores del calor ni de la electricidad y frágiles.
- **Sistema Periódico o Tabla Periódica:** colocación de los elementos en orden creciente de número atómico, manteniendo el criterio de similitud de propiedades correspondiente a las familias en que se agrupan.
- **Grupos o familias:** columnas de la Tabla Periódica.
- **Periodos:** filas de la Tabla Periódica.
- **Carácter metálico:** será mayor cuanto más a la izquierda esté un elemento dentro de un periodo y cuanto más abajo esté dentro de un grupo.
- **Enlace:** unión de dos o más átomos de forma estable para formar una sustancia química.
- **Enlace metálico:** unión de iones metálicos entre sí rodeados de electrones libres. Se forman estructuras cristalinas.
- **Enlace covalente:** unión de elementos no metálicos entre sí o con el hidrógeno. Se forman moléculas.
- **Enlace iónico:** unión de un elemento metálico con otro no metálico. El metal está en forma de ion positivo, y el no metal como ion negativo. Se forman estructuras cristalinas.
- **Masa molecular:** suma de las masas atómicas de todos los átomos que contiene una molécula o una estructura cristalina elemental.
- **Composición centesimal:** tanto por ciento en masa de cada uno de los elementos que integran un compuesto.
- **Óxidos:** combinaciones del oxígeno con elementos químicos, bien sean metálicos o no.
- **Hidruros:** combinaciones del hidrógeno con elementos químicos, bien sean metálicos o no.
- **Sales haloideas:** combinaciones de elementos metálicos con elementos no metálicos.
- **Hidróxidos:** combinaciones de metales con grupos hidroxilos (OH)⁻.
- **Ácidos oxácidos:** combinaciones de no metales con oxígeno e hidrógeno.
- **Sales oxisales:** combinaciones de metales, no metales y oxígeno.





Prácticas de laboratorio

El enlace químico a partir de las propiedades de las sustancias

Objetivo

Comparar algunas propiedades (solubilidad, conductividad eléctrica y temperatura de fusión) de varias sustancias para averiguar el tipo de uniones que poseen.

Material

- Tubos de ensayo en gradilla.
- Espátula.
- Crisol.
- Electrodo de grafito.
- Pila y conexiones eléctricas.
- Bombilla pequeña.
- Mechero.

Procedimiento

Vamos a estudiar las propiedades de algunas sustancias químicas para poder determinar la naturaleza de la unión que mantiene a sus átomos enlazados.

● Ensayo de solubilidad

Los cristales formados por la unión iónica de un metal y un no metal son solubles en agua. Vamos a estudiar esta propiedad mediante el siguiente ensayo:

Se coloca en un tubo de ensayo una pequeña muestra del sólido, se añade un poco de agua, se agita y se observa si se disuelve. Se repite el ensayo con otros disolventes. Se anotan los resultados en la tabla final.

● Ensayo de conductividad eléctrica

Los cristales formados por la unión de los átomos de un metal son conductores de la corriente eléctrica en estado sólido, mientras que los cristales iónicos de metal y no metal solo la conducen disueltos en ella.

Vamos a estudiar esta propiedad mediante el siguiente ensayo; se coloca en un crisol una pequeña muestra del sólido y se introducen en ella unos electrodos de grafito; se cierra el circuito. Se verifica si pasa o no la corriente mediante la bombilla colocada en él (Fig. 3.18). Repite el ensayo con las disoluciones acuosas de las sustancias del ensayo anterior.

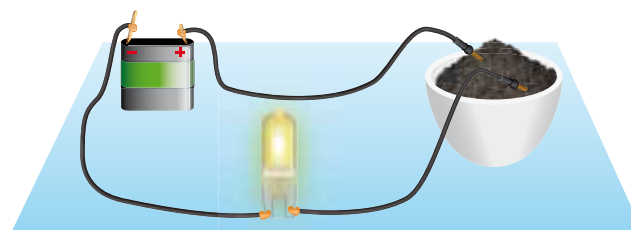


Figura 3.18.

Esquema del montaje.

● Ensayo de la temperatura de fusión

Las sustancias cristalinas no funden con facilidad, mientras que las moleculares de tipo covalente lo hacen a bajas temperaturas. Vamos a estudiar esta propiedad mediante el siguiente ensayo: se coloca en un tubo de ensayo una pequeña muestra del sólido y se calienta con mucho cuidado por el fondo, manteniendo el tubo inclinado hasta que el sólido se funde (debes tener cuidado de no apuntar a nadie con el tubo para evitar que se produzca un accidente).

Si funde a menos de 100 °C, lo hará rápidamente, apenas iniciado el calentamiento, mientras que si funde entre 100 °C y 300 °C, lo hará después de un cierto tiempo, cuando el tubo adquiera un color amarillento al contacto con la llama.

Analiza y responde

Cotejando los resultados que has ido recogiendo en la tabla con las características que has estudiado para los tres tipos de enlaces químicos, indica justificándolo en tu cuaderno, cuál de ellos será el que presente cada una de las sustancias incluidas en la experiencia.

Sustancias	Solubilidad		Conductividad		Temperatura de fusión	
	En agua	En tolueno	Sin disolver	Disuelta en agua	< 100 °C	> 100 °C
Aluminio						
Naftaleno						
Hierro						
Parafina						
Sal común						
Sulfato de sodio						