

Las sustancias reaccionan entre sí de maneras muy diversas: el gran número de reacciones químicas que se producen justifica la necesidad de clasificarlas para su estudio.

Hay diferentes tipos de reacciones químicas y varias formas de clasificarlas según el criterio elegido. Los criterios que se siguen son generalmente cuatro: el energético, el cinético, la transformación que se produce y la partícula intercambiada.

## Criterio energético

- Exotérmica.
- Endotérmica.

## Criterio cinético

- Rápidas.
- Lentas.

## Según la transformación que se produce

- Síntesis.
- Descomposición.
- Sustitución.

## Según la partícula intercambiada

- Reacciones de precipitación.
- Reacciones de oxidación-reducción (redox).
- Reacciones ácido-base.



En este tema vas a trabajar con reacciones clasificadas según la transformación que se produce (cómo se reagrupan los átomos) y según sea la partícula intercambiada.

## 1. Reacciones según la transformación que se produce

### Reacciones de síntesis

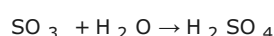
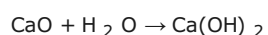
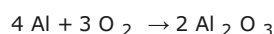
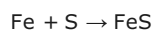
Son reacciones químicas en las que dos o más sustancias (reactivos) se combinan para formar otra distinta (producto) más compleja.

Si los reactivos son elementos se llaman **reacciones de formación**.

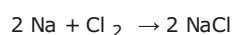
La ecuación química general es:



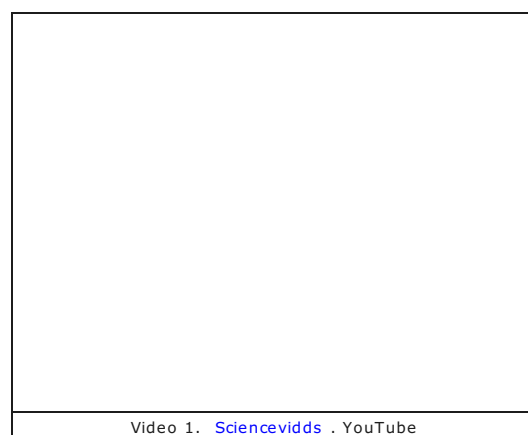
Ejemplos:



En el vídeo adjunto puedes observar la reacción de formación del cloruro de sodio:



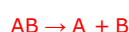
El vídeo está subtítulado en inglés y es de fácil comprensión.



### Reacciones de descomposición

Son reacciones químicas en las que un compuesto se descompone en dos o más sustancias más simples. Son las inversas de las reacciones de síntesis.

La ecuación química general es:



Ejemplos:



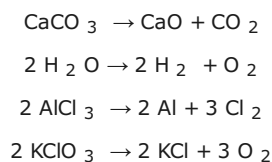


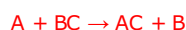
Imagen 1. [Grimlock](#) . Dominio público

### Reacciones de sustitución o desplazamiento

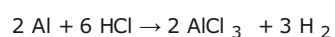
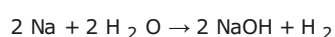
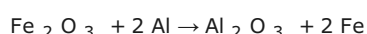
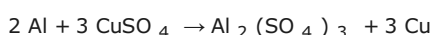
Las reacciones de sustitución o desplazamiento pueden ser simples o dobles.

En una reacción de **sustitución o desplazamiento simple**, un elemento es reemplazado por otro elemento más reactivo en un compuesto, para producir un nuevo compuesto y el elemento desplazado.

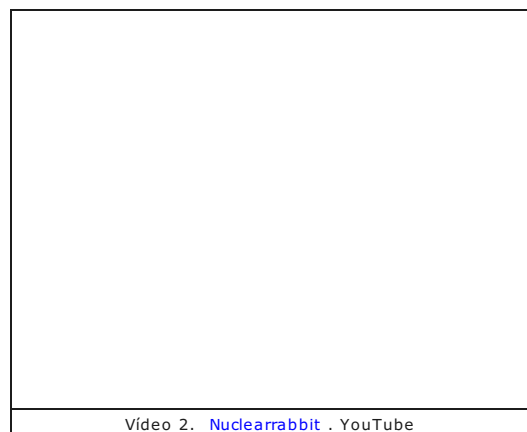
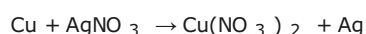
La ecuación química general es:



Ejemplos:



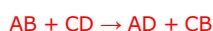
En el vídeo adjunto se vierte disolución de  $\text{AgNO}_3$  sobre un hilo de cobre. Cuando se pone en contacto el  $\text{AgNO}_3$  con el cobre, observas que el hilo cambia de color y se hace más grueso. Al acercar la imagen ves los cristallitos de plata. Al cabo de un tiempo, la disolución se vuelve azul. Al agitar el hilo la plata se desprende. Se ha producido la reacción:



Vídeo 2. [Nuclearrabbit](#) . YouTube

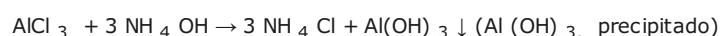
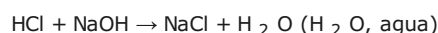
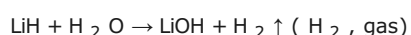
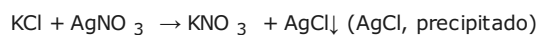
En una reacción de **doble sustitución o desplazamiento** hay dos compuestos químicos que intercambian dos elementos para formar dos nuevos compuestos.

La ecuación química general es:



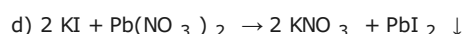
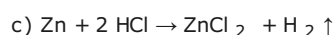
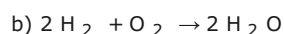
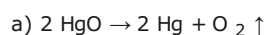
Las reacciones de doble desplazamiento se producen generalmente en disolución acuosa con compuestos iónicos, y en ellas se produce un precipitado (sólido), se forma un gas o se produce agua.

Ejemplos:



### Ejercicio resuelto

Indica el tipo de reacción química al que pertenecen las representadas en las ecuaciones químicas siguientes, atendiendo al criterio de la transformación que se produce:



**Mostrar retroalimentación**

### Comprueba lo aprendido

Un clavo de hierro se introduce en una disolución de sulfato de cobre(II). Se observa que la disolución se decolora y se forma un precipitado de cobre. La ecuación química que representa esta reacción es:  $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$

¿La reacción química es de descomposición?

Verdadero ☐ Falso ☐

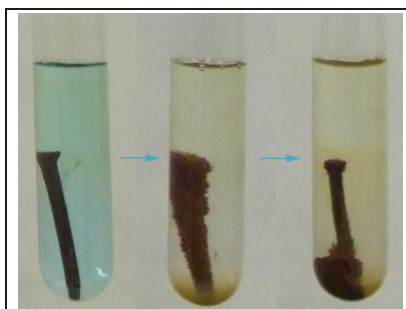


Imagen 2. Elaboración propia

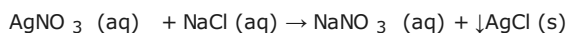
## 2. Reacciones según la partícula transferida



### Reacciones de precipitación

En una reacción de **precipitación**, la partícula intercambiada es un ión. Se produce, en general, en disolución acuosa y entre sustancias iónicas. En la reacción, un anión y un catión se ponen en contacto y dan lugar a un compuesto iónico insoluble que precipita.

Ejemplo:



Para saber si se produce una reacción de este tipo es necesario saber qué sustancia es insoluble y por esto se ponen en la ecuación química los estados físicos de las sustancias que intervienen.



Imagen 3. Elaboración propia

Tienes que hacer reaccionar una disolución de yoduro de potasio, KI, y otra de nitrato de plomo(II),  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Los nitratos son todos solubles mientras que el yoduro de plomo (II),  $\text{PbI}_2$ , es insoluble. Escribe la ecuación química ajustada.

**Mostrar retroalimentación**



Imagen 4. Elaboración propia

## Reflexiona

El cloruro de plata es una sal insoluble. El nitrato de plata (soluble) se utiliza para identificar la presencia de cloruros en una disolución.

Si en una disolución sospechas la presencia de cloruro de aluminio, ¿cómo podrías actuar para confirmarlo? Escribe la ecuación química que representa la reacción que se produce.

## 2.1. Reacciones de oxidación-reducción

Las reacciones de oxidación-reducción (redox) implican la transferencia de electrones entre especies químicas. Se llaman también **reacciones de transferencia de electrones** ya que la partícula que se intercambia es el electrón.

En una reacción de oxidación-reducción tienen lugar dos procesos simultáneos, la oxidación y la reducción.



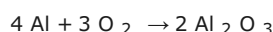
Imagen 5. [Rafal Konkolewski](#), Creative commons

### Importante

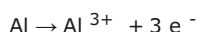
La **oxidación** es el proceso en el cual una especie química pierde electrones y su número de oxidación aumenta.

La **reducción** es el proceso en el cual una especie química gana electrones y su número de oxidación disminuye.

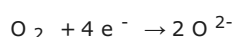
Ejemplo: El aluminio reacciona con el oxígeno para formar óxido de aluminio,



En el transcurso de esta reacción, cada átomo de aluminio pierde tres electrones para formar un ión  $\text{Al}^{3+}$



Y cada molécula de  $\text{O}_2$  gana cuatro electrones para formar dos iones  $\text{O}^{2-}$

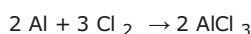


Como los electrones ni se crean ni se destruyen en las reacciones químicas, la oxidación y la reducción son inseparables.



El aluminio cede electrones y el oxígeno los gana. El aluminio actúa como **agente reductor**, se oxida (su número de oxidación pasa de 0 a +3) cediendo tres electrones, mientras que el oxígeno actúa como **agente oxidante**, se reduce (su número de oxidación pasa de 0 a -2) ganando dos electrones.

En la reacción del aluminio con el cloro para formar cloruro de aluminio, ¿cuál es el oxidante y cuál es el reductor?



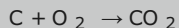
Mostrar retroalimentación

## Para saber más

### Las reacciones de combustión

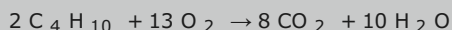
Una reacción de combustión es un tipo de reacción redox en la que un material **combustible** se combina con el oxígeno del aire para formar, entre otros productos, dióxido de carbono con desprendimiento de energía (reacción exotérmica).

Un ejemplo típico es la reacción del carbono con el oxígeno:



En esta reacción, el carbono cede electrones y el oxígeno los gana. El carbono se oxida y su número de oxidación pasa de 0 a +4 cediendo cuatro electrones, mientras que el oxígeno se reduce y su número de oxidación pasa de 0 a -2 ganando dos electrones.

Normalmente, en una reacción de combustión se combina el oxígeno con un hidrocarburo para formar dióxido de carbono y agua. Un ejemplo es la combustión del butano:



Otro ejemplo es la respiración de los seres vivos, en la que se produce  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  a partir del oxígeno del aire y la glucosa, mediante un proceso que se puede resumir en la ecuación:

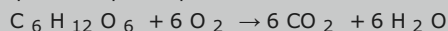


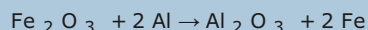
Imagen 6. [Kallemax](#), dominio público

## Curiosidad

### Aluminotermia: soldadura de raíles

Cuando se hace reaccionar el aluminio con un óxido metálico, se produce una reacción conocida como termita o aluminotermia. El proceso fue descubierto por Hans Goldschmidt a finales del siglo XIX, y en la actualidad se utiliza en soldadura.

La soldadura aluminotérmica es un procedimiento utilizado en carriles de vías férreas y en otras estructuras. Consiste en provocar la reducción del óxido de hierro (III) por el aluminio, proceso fuertemente exotérmico, para obtener hierro y óxido de aluminio.



En la siguiente [película](#) puedes ver cómo se realiza el proceso de soldadura de raíles continuos.



Imagen 7. [Skatebiker](#), dominio público

## Comprueba lo aprendido

En la reacción de la termita (aluminotermia),  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe}$ , se cumple que:

☐

El aluminio se oxida.



Imagen 8. [CaesiumFluoride](#), Creative commons

- ☐ El hierro se oxida.
- ☐ El número de oxidación del aluminio aumenta.
- ☐ El número de oxidación del hierro aumenta.

**Mostrar retroalimentación**

## 2.2. Reacciones ácido-base

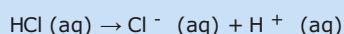


Una reacción ácido-base es una reacción de doble desplazamiento que se produce entre un ácido y una base. En ellas se transfieren **protones**, es decir, iones  $H^+$ .

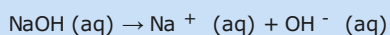
### Importante

Un ácido y una base pueden definirse, según Arrhenius (premio Nobel de Química, 1903):

**Ácido** es toda sustancia que en disolución acuosa se disocia dando iones  $H^+$ .



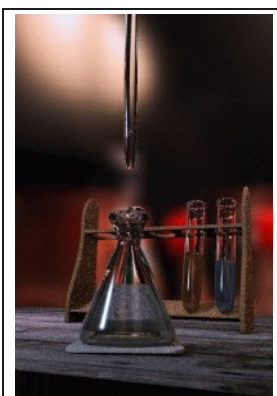
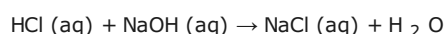
**Base** es toda sustancia que en disolución acuosa se disocia dando iones  $OH^-$ .



Esta definición fue generalizada por Brönsted y Lowry en 1923, siendo un ácido toda especie química que tiene tendencia a donar iones  $H^+$  y una base la que tiene tendencia a aceptar iones  $H^+$ . Es decir, los ácidos ceden protones y las bases los aceptan.

Cuando un ácido y una base reaccionan en disolución acuosa en las proporciones estequiométricas, pierden sus propiedades. A esta reacción se le denomina **reacción de neutralización**.

Considera el ácido clorhídrico,  $HCl$ , y el hidróxido de sodio,  $NaOH$ , en disolución acuosa. Están disociados y en la disolución existen sus iones,  $Cl^-$ ,  $H^+$ ,  $Na^+$  y  $OH^-$ . Los iones  $H^+$  y  $OH^-$  forman agua y, por tanto, la ecuación química que representa el proceso es:



Animación 2. [J.A.Freyre](#), Creative commons

### Importante

En general, en las reacciones de neutralización, se obtiene una sal y agua:



Para medir la acidez de una disolución acuosa se utiliza una escala logarítmica llamada escala de pH. Si la disolución tiene un pH inferior a 7 es ácida y si es superior a 7 es básica. El 7 corresponde al pH neutro, que es el que tiene el agua pura.





### Ejercicio resuelto

Escribe la reacción de neutralización del ácido sulfúrico con el hidróxido de aluminio.

**Mostrar retroalimentación**

### Reflexiona

Escribe la disociación acuosa del  $\text{H}_2\text{SO}_3$  y del  $\text{Ca(OH)}_2$ , así como la ecuación química que representa su neutralización.

**Pulse aquí**

## 3. Las disoluciones en las reacciones químicas



Gran cantidad de reacciones químicas se producen en disolución acuosa. En este caso, los datos o las incógnitas se expresan en forma de volúmenes de disolución. La secuencia de operaciones incluirá un factor que tenga en cuenta la relación entre el volumen de disolución y la cantidad de sustancia de soluto.

### Importante

La forma de expresar la composición de una disolución permite calcular la cantidad de sustancia del compuesto disuelto, presente en un volumen de disolución determinado.

a) Si la forma de expresar la composición de la disolución es la **concentración** ( $c = n_{\text{solute}} (\text{mol}) / V_{\text{disolución}} (\text{L})$ ), el factor de conversión es:

$$n = c \cdot V$$

b) Si la composición se expresa en **concentración en masa** ( $\zeta = m_{\text{solute}} (\text{g}) / V_{\text{disolución}} (\text{L})$ ), el factor de conversión es:

$$n = m / M = \zeta \cdot V / M, \text{ con } M \text{ la masa molar.}$$

c) Si la composición de la disolución se expresa de otra forma, se pasa a concentración y se utiliza el factor de conversión indicado.



Imagen 9. Isftic, uso educativo

Por ejemplo, si se expresa en **% en masa** ( $\% \text{ en masa} = m_{\text{solute}} / m_{\text{disolución}} \cdot 100$ ) y nos dan la densidad de la disolución ( $d_{\text{disolución}} = m_{\text{disolución}} / V_{\text{disolución}}$ ), calcularemos la concentración como sigue:

$$c = \frac{n_{\text{solute}}(\text{mol})}{V_{\text{disolución}}(\text{L})} = \frac{m_{\text{solute}}(\text{g})}{M(\text{g/mol}) \cdot V_{\text{disolución}}(\text{L})} = \frac{m_{\text{disolución}}(\text{g}) \cdot \% \text{ en masa}}{M(\text{g/mol}) \cdot V_{\text{disolución}}(\text{L}) \cdot 100} = \frac{d_{\text{disolución}}(\text{g/L}) \cdot \% \text{ en masa}}{M(\text{g/mol}) \cdot 100}$$

y, una vez hallada c procederemos como en el apartado a).

En un vaso de precipitados tienes 4,1 g de cinc y les añades 250 mL de una disolución de ácido clorhídrico de concentración 0,5 mol/L. ¿Qué masa de cloruro de cinc se formará? En la reacción se produce también dihidrógeno.

Masas atómicas relativas: Zn=65,4; Cl=35,5; H=1

**Mostrar retroalimentación**



Imagen 10. Walkema, dominio público

Para disolver 2,6 g de cinc impuro se han gastado 127 mL de una disolución de HCl de concentración en masa 21,6 g/L. ¿Cuál es la riqueza (pureza) del cinc? (Se supone que las impurezas no reaccionan con el HCl(aq))

Masas atómicas relativas: Zn = 65,4 ; Cl = 35,5 ; H = 1

**Mostrar retroalimentación**



Imagen 11. Walkema, dominio público

Dispones de 100 cm<sup>3</sup> de disolución de ácido sulfúrico de



Dispones de 100 cm<sup>3</sup> de disolución de ácido sulfúrico de concentración 0,2 mol/L. ¿Qué masa de NaOH necesitarás para neutralizarlo?

**Mostrar retroalimentación**

Si el hidróxido de sodio lo tienes en una disolución de concentración 0,5 mol/L, ¿qué volumen de la misma habrá sido necesario para la neutralización anterior?

**Mostrar retroalimentación**



Imagen 12. [Walkerma](#), dominio público

El ácido nítrico reacciona con el cobre para formar nitrato de cobre(II), dióxido de nitrógeno y agua.

Haces reaccionar una muestra de 15 g de cobre con una disolución de ácido nítrico al 90 % en masa y 1,400 g/mL de densidad. ¿Qué volumen de disolución habrás utilizado, si el cobre ha reaccionado totalmente?

Masas atómicas relativas: Cu = 63,5 ; N = 14 ; O = 16 ; H = 1

**Mostrar retroalimentación**

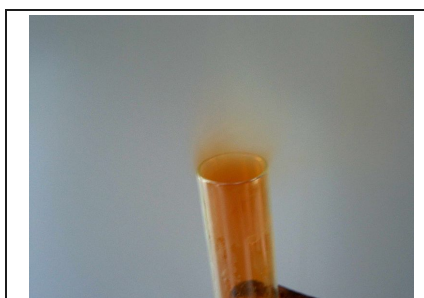


Imagen 13. [Fabexplosive](#). Creative commons

Para disolver una determinada masa de cinc has gastado 250 mL de HCl(aq) 0,5M (0,5 mol/L) ¿Qué masa de Zn has disuelto?

Masas atómicas relativas: Zn = 65,4 ; Cl = 35,5 ; H = 1

**Pulse aquí**

## 4. Reacciones químicas con gases



Cuando intervienen gases en las reacciones químicas, los datos y los resultados suelen expresarse en volumen de gas, en unas condiciones determinadas de presión y temperatura.

Cuando en una reacción química todas las sustancias que intervienen son gases, en las mismas condiciones de presión y temperatura, los coeficientes estequiométricos también indican la relación de volúmenes entre las sustancias que reaccionan. Esto es debido a que, de acuerdo con la ley de Avogadro, un mol de un gas ocupa el mismo volumen que un mol de otro gas, en las mismas condiciones de presión y temperatura: hay el mismo número de partículas en ambos casos.

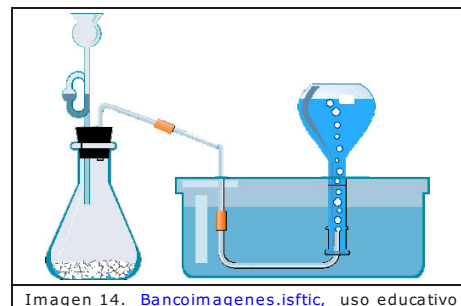


Imagen 14. [Bancoimagenes.isftic](#), uso educativo

El amoníaco se obtiene mediante la reacción de síntesis,  $\text{N}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3 (\text{g})$ .

Dispones de 1 litro (L) de dihidrógeno y de 1 L de dinitrógeno. ¿Qué volumen de amoníaco puedes obtener? (Recuerda ajustar la ecuación, y ten presente que todos los volúmenes están medidos en las mismas condiciones de presión y temperatura).

**Mostrar retroalimentación**



Imagen 15. JGvBerkel, dominio público

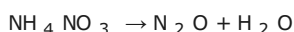
## Importante

Si las sustancias que intervienen en la reacción no son todas gaseosas, debes utilizar la ecuación de estado de los gases ( $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ) para obtener el factor que en la secuencia de operaciones relacione el volumen del gas y la cantidad de sustancia:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

Cuando las condiciones de presión y temperatura son las normales (c.n.), 273 K (0°C) y 1 atm, puedes tener en cuenta que un mol de cualquier gas ocupa 22,4 L.

El gas de la risa ( $\text{N}_2\text{O}$ ), que tiene propiedades **narcóticas** y se utiliza en medicina, se puede obtener por termólisis controlada del nitrato de amonio, según la reacción:



¿Qué volumen de monóxido de dinitrógeno (gas de la risa), medido en condiciones normales, se formará si se descomponen 15 g de nitrato de amonio?

Masas atómicas relativas:  $\text{N} = 14$  ;  $\text{O} = 16$  ;  $\text{H} = 1$

**Mostrar retroalimentación**



Imagen 16. Rafti Institute, uso libre

Una prueba típica en Geología consiste en añadir unas gotas de disolución de ácido clorhídrico a una roca para saber si contiene carbonato de calcio. El carbonato de calcio reacciona con el ácido clorhídrico y se produce cloruro de calcio, dióxido de carbono y agua.

Si haces reaccionar 100 g de una caliza (con un 70 % de  $\text{CaCO}_3$ ), con 100 mL de disolución de HCl, de concentración 0,5 mol/L, ¿qué volumen de dióxido de carbono se formará, medido en condiciones normales de presión y temperatura?



Masas atómicas relativas: Ca = 40 ; O = 16 ; C = 12

**Mostrar retroalimentación**

Si el rendimiento de la reacción es del 60 %, ¿qué volumen de dióxido de carbono se formará, medido a 740 mm Hg de presión y 25°C de temperatura?

Constante de los gases  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol}$

760 mm Hg = 1 atm

**Mostrar retroalimentación**



Imagen 17. [Isftic](#),  
uso educativo

¿Cuántos moles de dióxígeno gaseoso se necesitan para reaccionar con 44,8 litros de gas dihidrógeno para producir  $\text{H}_2\text{O(g)}$ ? Considera que todos los volúmenes están medidos en condiciones normales.

**Pulse aquí**

¿Cuántos litros de oxígeno, medidos en condiciones normales de presión y temperatura, se necesitan para quemar 15 litros de gasolina (supuesto que es  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ) de densidad 0,68 kg/L?

Si el rendimiento de la combustión es del 85 %, ¿qué volumen de dióxido de carbono se obtendrá, medido en condiciones normales de presión y temperatura?

**Pulse aquí**



Imagen 18. [U.S.Department of justice](#) ,  
dominio público