

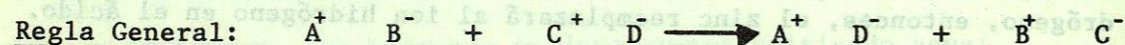


El bromo disuelto en agua reemplaza al yoduro de una solución acuosa de su sal para dar sal de bromuro y yodo disuelto en agua.

#### d) Reacciones de Sustitución o Desplazamiento Doble.

En este tipo de reacciones hay dos compuestos que participan en una reacción, en la que el ión positivo de un compuesto se intercambia con el ión positivo del otro compuesto.

Dicho de otra manera, los dos iones positivos (cationes) intercambian sus iones negativos (aniones) o acompañantes.



Ver las siguientes reacciones de Doble Sustitución:

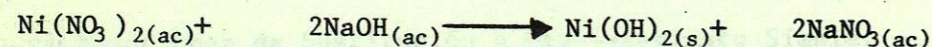
#### 1. Una sal y un ácido para formar un precipitado:



El ion plata se intercambia con el ion hidrógeno para formar el cloruro de plata insoluble (AgCl) y el ion hidrógeno reacciona con el ion nitrato para formar un nuevo ácido, el nítrico (HNO<sub>3</sub>).

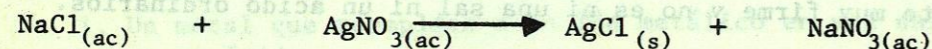
La formación de un compuesto insoluble o muy poco ionizado actúa como fuerza impulsora para estas reacciones.

#### 2. Una sal y una base para formar un precipitado:

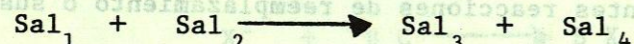
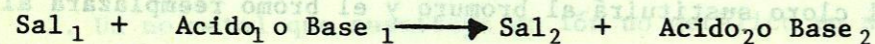


En el intercambio de iones se forma una nueva sal, NaNO<sub>3</sub>, y una nueva base, Ni(OH)<sub>2</sub>, que es insoluble en agua.

#### 3. Dos sales para formar un precipitado:

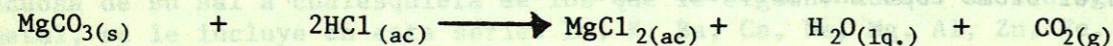


En el intercambio de iones se forman dos sales nuevas: el cloruro de plata (AgCl) que es insoluble en agua, y nitrato de sodio (NaNO<sub>3</sub>) que es soluble. Esas reacciones se resumen en los dos enunciados generales siguientes:

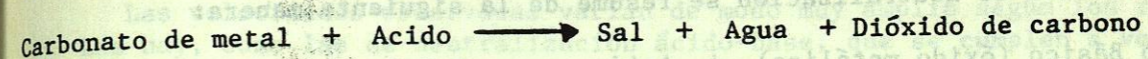


En ambos casos, uno de los dos productos es casi siempre insoluble en agua o débilmente ionizado.

#### 4. Carbonato de un metal y un ácido:



El ion magnesio cambia de lugar con el ion hidrógeno para formar la sal MgCl<sub>2</sub>. El ion hidrógeno reacciona con el ion carbonato produciendo ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que es inestable y que se descompone para formar agua y dióxido de carbono. El carbonato de magnesio es uno de los ingredientes de un antiácido muy popular y esta reacción es la base de la acción del antiácido para neutralizar el ácido (HCl) del estómago. Este tipo de reacción se resume del siguiente modo:



#### e) Reacciones de Neutralización.

Este tipo de reacción es un método que se utiliza en la industria para la formación de sales, dependiendo si es un ácido binario o ácido ternario.

La reacción de neutralización es aquella en la que un ácido o un óxido de ácido reacciona con una base o un óxido básico. En la mayoría de estas reacciones, uno de los productos es el agua. La formación del agua actúa como la fuerza impulsora de la neutralización, dado que este compuesto sólo se ioniza ligeramente y en su formación también se desprende calor.

Este mecanismo se representa mediante la ecuación general,



en donde AX es un ácido o un óxido ácido y BZ es una base o un óxido básico, y el agua es generalmente uno de los productos.

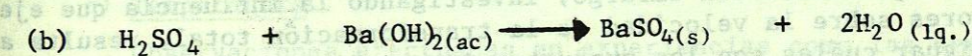
Las diferencias entre las reacciones de neutralización y las reacciones ordinarias de metátesis son: (1) en una reacción de neutralización un ácido o un óxido ácido reaccionan con una base o un óxido básico, y (2) el agua es normalmente uno de los productos de la reacción de neutralización.

Ver las siguientes ecuaciones de reacciones de neutralización:

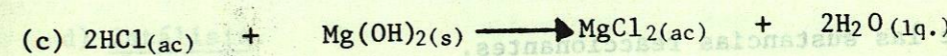
#### 1. Un ácido y una base:



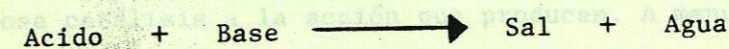
El ion sodio se intercambia con el ion hidrógeno para producir cloruro de sodio (NaCl) que es soluble en agua, y el ion hidrógeno reacciona con el ion hidróxido dando agua, que está ligeramente ionizada. La fórmula correcta del cloruro de sodio puede escribirse sólo cuando se conocen los números de oxidación del Na y del Cl en su estado combinado -esto es, Na<sup>1+</sup> y Cl<sup>1-</sup>- de lo que resulta NaCl.



El ion bario se intercambia con los iones hidrógeno para formar sulfato de bario, que es insoluble en agua, y el ion hidrógeno reacciona con el ion hidróxido para producir agua.



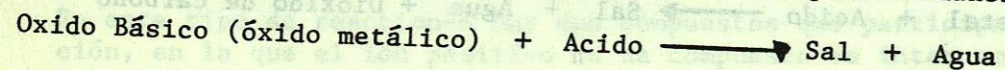
También en este caso, un ácido y una base reaccionan para dar la sal MgCl<sub>2</sub> y agua. Este tipo de reacción de neutralización se resume como sigue:



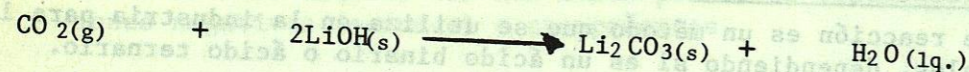
2. Un óxido básico (óxido metálico) y un ácido:



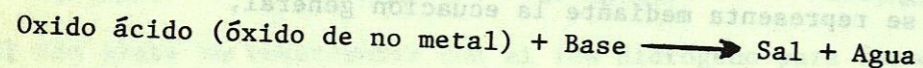
El ion zinc se intercambia con el ion hidrógeno formando la sal  $\text{ZnCl}_2$ ; el ion hidrógeno reacciona con el ion óxido dando agua, ligeramente ionizada. Este tipo de reacción de neutralización se resume de la siguiente manera:



3. Un óxido ácido (óxido no metálico) y una base.



El dióxido de carbono reacciona con el hidróxido de litio dando una sal,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  y agua. El número de oxidación del C en el  $\text{CO}_2$  es  $4^+$ , lo mismo que en la sal,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . La fórmula correcta de la sal se escribe basándose en el conocimiento de los números de oxidación del litio y de la carga iónica del carbonato -que son,  $\text{Li}^+$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  -o sea,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . Esta clase de reacción de neutralización se resume como sigue:



Otro tipo de reacción que se verá más tarde es el de "Redox".

Para escribir ecuaciones balanceadas de las reacciones de "Redox" se requieren métodos o técnicas especiales y no pueden balancearse por el método de tanteo.

#### FACTORES QUE ALTERAN LA VELOCIDAD DE UNA REACCION QUIMICA

La cinética química se ocupa de la velocidad de las reacciones y de su mecanismo. El término velocidad de reacción se utiliza para expresar la mayor o menor rapidez, con que se producen las transformaciones químicas.

El término mecanismo de reacción indica la secuencia de etapas a través de las cuales tiene lugar la reacción total. En la mayoría de las reacciones se ponen de manifiesto únicamente las sustancias iniciales y las que aparecen como productos finales, esto es, sólo es observable la reacción neta o global.

Cuando una reacción tiene lugar en etapas, en algunas de ellas se forman probablemente especies químicas intermedias, que no se ponen de manifiesto porque las consumen las etapas siguientes. Sin embargo, investigando la influencia que ejercen distintos factores sobre la velocidad de la transformación total, resulta a veces posible averiguar cuáles son los productos intermedios y cómo intervienen en el mecanismo de la reacción.

Experimentalmente se demuestra que los factores más importantes que influyen en la velocidad de una reacción química son cuatro:

- Naturaleza de las sustancias reaccionantes.
- Concentración
- Temperatura
- Catálisis

a) Naturaleza de las sustancias reaccionantes.

En toda reacción química se forman y deshacen enlaces, y la velocidad a que estos hechos suceden depende de los enlaces particulares que en cada caso intervienen. Experimentalmente se comprueba que la velocidad de reacción es función de la naturaleza de las sustancias que reaccionan.

Las velocidades observadas varían de modo muy amplio según los reactivos. Las hay, como las de neutralización ácido-base, que se cumplen a veces en una millonésima de segundo, haciendo muy difícil su medición. Otras, como las que ocurren en los procesos geológicos, no siempre llegan a su fin en un millón de años y apenas pueden ser observadas en el corto tiempo de una vida humana.

b) Concentración de las sustancias reaccionantes.

Se comprueba experimentalmente que la velocidad de una reacción química homogénea depende de las concentraciones de los reactivos. Se llama reacción homogénea la que se produce en una sola fase, y se denomina heterogénea aquella que precisa dos fases por lo menos. En las reacciones heterogéneas se ha visto que la velocidad de reacción es proporcional al área de la superficie en contacto entre las fases.

En las reacciones homogéneas la velocidad depende de la concentración de los reactivos disueltos. La disolución puede ser líquida o gaseosa.

En el primer caso es factible alterar la concentración de un reactivo añadiendo más cantidad o separando una porción, o bien cambiando el volumen del sistema por adición o sustracción de disolvente. El efecto específico de cada caso ha de determinarse experimentalmente. Así, en la reacción entre las sustancias A y B, la introducción de una cantidad adicional de aquella puede hacer que la velocidad de reacción aumente, disminuya o quede inalterada, según la reacción de que se trate y, desde un punto de vista cuantitativo, puede ocurrir que dicha velocidad se duplique, triplique, se haga la mitad, etc.

La ecuación o fórmula general de la ley de la velocidad es:

$$\text{Velocidad} = K [\text{A}]^n [\text{B}]^m \dots$$

donde  $n$  es el exponente al que debe elevarse la concentración de A y  $m$  el de la concentración de B para que la ecuación resuma los datos experimentales. Los puntos suspensivos representan otros posibles reactivos del proceso químico, que pueden aparecer en la expresión de la ley.

c) Temperatura.

Observaciones efectuadas en experiencias como las descritas anteriormente indican que la elevación de temperatura aumenta la velocidad de cualquier reacción, y que la disminución de aquel factor provoca un descenso en dicha velocidad, lo mismo en el caso de las reacciones exotérmicas que en el de las endotérmicas.

d) Catálisis.

Se ha comprobado experimentalmente que algunas reacciones se aceleran o retardan con la presencia de sustancias que, una vez finalizada la reacción, permanecen igual que al comienzo; tales sustancias se denominan catalizadores, llamándose catálisis a la acción que producen. A menudo bastan indicios de un

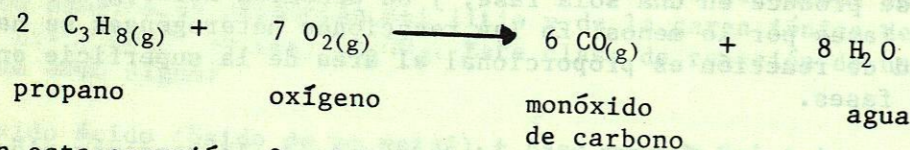
catalizador para que la reacción se acelere o retarde. Los catalizadores que aceleran una reacción se llaman catalizadores positivos y los que retardan la reacción se llaman catalizadores negativos.

Existe un tipo especial de catálisis en la que la reacción está catalizada por uno de los productos que ella origina, a este tipo se le conoce como auto-catálisis.

### BALANCEO DE ECUACIONES QUIMICAS

Como una ecuación química es la forma en que podemos describir una reacción, no sólo nos debe representar las sustancias que en ella intervienen, sino que nos debe escribir las cantidades molares de dichos materiales.

Los coeficientes o números que preceden las fórmulas nos dicen cuántas moles de cada material intervienen:



En esta ecuación, 2 moles de propano reaccionan con 7 de oxígeno para formar 6 de monóxido de carbono y 8 de agua.

Si comparamos el número de átomos de cada lado de la reacción veremos que:

En los reactivos tenemos:

- 6 átomos de C (2 x 3)
- 16 átomos de H (2 x 8)
- 14 átomos de O (7 x 2)

En los productos tenemos:

- 6 átomos de C
- 16 átomos de H (8 x 2)
- 14 átomos de O (6 + 8)

Por lo tanto, el número de átomos no varía.

Decimos entonces que esta ecuación está balanceada, o igualada.

Para que una ecuación química represente una reacción, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- 1) Las fórmulas representadas deben estar correctamente escritas y corresponder a las sustancias que queremos expresar.
- 2) Los coeficientes de los reactivos y de los productos deben corresponder a la ecuación balanceada, es decir, debe cumplirse la ley de la Conservación de la Materia.

De esta manera, la ecuación nos informa claramente qué sucede con los átomos y moléculas de una reacción, además de que podemos deducir las relaciones de pesos de la misma.

Existen varios métodos para balancear ecuaciones, de los que estudiaremos:

\* Método de tanteo o acierto y error. (por inspección)

\* Método de oxidación-reducción o REDOX.

En cualquier método que elijamos para igualar una ecuación debemos siempre considerar varios puntos importantes:

- a) Conocer qué elementos presentan moléculas diatómicas ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ ).
- b) No omitir cargas en las especies iónicas.
- c) No cambiar los subíndices de las fórmulas. Podemos ensayar varios coeficientes.
- d) Observar cuáles son los radicales que no se alteran en la reacción ( $\text{SO}_4^{-2}\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ).
- e) Observar si en las sustancias se indica el estado de agregación en que se encuentran. Aparece como subíndice (g), (s) o (l); si no se especifica, es que la reacción está en disolución.

### BALANCEO POR EL METODO DE TANTEO O DE INSPECCION

Las ecuaciones químicas que se verán en este capítulo se equilibran "por inspección". A continuación se sugieren algunos lineamientos que no constituyen reglas, dado que no son aplicables en forma general a todas las ecuaciones, pero que serán de cierta utilidad en las ecuaciones más sencillas que se encontrarán en este capítulo. Recuérdese que se trata de balancear el número de átomos o moles de átomos de cada elemento y que debe de tenerse el mismo número de átomos o moles de átomos a ambos lados de la ecuación.

1. Escribir las fórmulas correctas de los reactivos y los productos, colocando los reactivos a la izquierda y los productos a la derecha, separados por  $\longrightarrow$ ,  $\longleftarrow$  o  $=$ . Los reactivos y productos se separan entre sí por medio de un signo +. Una vez que se escribe la fórmula correcta, no debe cambiarse durante la siguiente operación de balanceo.
2. Elegir el compuesto que contiene el mayor número de átomos de un elemento, ya sea que se trate de un reactivo o un producto. Por regla general, este elemento no debe ser hidrógeno, oxígeno o un ion poliatómico. Balancear o igualar el número de átomos de este compuesto con el átomo correspondiente del otro lado de la ecuación, colocando un coeficiente que preceda a la fórmula del elemento o el compuesto. Si se coloca un 2 delante de  $\text{H}_2\text{O}$ , es decir  $2\text{H}_2\text{O}$ , entonces se tendrán cuatro átomos de H y 2 átomos de O; por lo que debe aparecer la misma cantidad de átomos en el otro lado de la ecuación. Si no se coloca ningún número delante de la fórmula, se supondrá que es 1. En ninguna circunstancia deberá cambiarse la fórmula correcta de un compuesto para balancear la ecuación.
3. A continuación, balancear los iones poliatómicos que permanecen iguales a ambos lados de la ecuación. Esos iones poliatómicos se balancean como una sola unidad. En algunos casos deberá modificarse el coeficiente que se había escrito delante del compuesto, según se indica en el punto 2, con el objeto de balancear el ion poliatómico. Si esto sucede, recordar que debe ajustarse concomitantemente el coeficiente del otro lado de la ecuación.