

## Concentraciones: Concentración molar (M) y concentración porcentual % (m/m)



A diferencia de lo que ocurre con las sustancias “puras”, la composición de una mezcla es variable. Si la composición de una mezcla se modifica, también se modifican sus propiedades (por ejemplo su punto de fusión, de ebullición, densidad, etc.)

El agua de limón ejemplifica este hecho, pues claramente el sabor de una limonada (la propiedad que más nos importa de esta mezcla), se modifica con la proporción de azúcar, agua y limón con la que fue preparada.

Es importante mencionar que una vez que establecemos la cantidad de los componentes de una mezcla, sus propiedades quedan definidas. Es por esto que al preparar agua de limón siempre la preparamos intentando utilizar la misma cantidad de limón y azúcar que en nuestra experiencia produce el sabor deseado.

Un vez que conocemos una buena “receta” para preparar limonada esta puede emplearse para preparar cualquier otra cantidad siempre y cuando la proporción de sus componentes permanezca constante. Si en nuestra experiencia una buena limonada se prepara con 1L de agua, 8 limones y 100g de azúcar, entonces, para preparar aproximadamente 5L de limonada se requerirán 40 limones, 5 litros de agua y 500g de azúcar, sin embargo, para preparar tan sólo un vaso (aprox. 250mL) requeriría de 2 limones, 250mL de agua y 25g de azúcar.

Es claro que en las tres descripciones anteriores la **cantidad** de limones azúcar y agua es distinta, sin embargo, la proporción azúcar/agua y limón/agua es la misma. A la proporción o relación de los componentes de una mezcla la denominamos **concentración**. La concentración es una propiedad intensiva (no depende de la cantidad de muestra) por lo que en una mezcla o disolución su valor es constante.

Las disoluciones tienen un papel muy importante en la química pues la mayoría de las reacciones las efectuamos en disolución. Existen muy diversas formas de expresar las proporciones de los componentes de una mezcla, sin embargo, dos de las se usan con mucha frecuencia son:

- Concentración porcentual (%) (porcentaje en masa), la cual relaciona la masa del soluto y la masa de la mezcla resultante.
- Concentración molar o molaridad (abreviada como M), la cual relaciona los moles de soluto y el volumen de la mezcla.



**Concentración porcentual (% m/m):** Debido a que en toda reacción o transformación química la masa permanece invariante (Ley de la conservación de la masa), podemos saber que la masa del soluto + la masa del disolvente = masa de la mezcla.

Una disolución que contiene sulfato de sodio al 5% (en masa) necesariamente contiene 95% (en masa) de disolvente, de tal forma que el total de la masa de la disolución consta de 5% soluto + 95% disolvente = 100%. Nota que esto es válido sin necesidad de especificar la cantidad en gramos de soluto y/o disolvente que esta disolución contiene. Las cantidades del soluto, disolvente y de la mezcla quedan definidas si se especifica cualquiera de ellas:

Para una disolución acuosa de sulfato de sodio al 5% podemos saber que:

- Si contamos con 7.5g de sal: Necesitaremos 142.5g de agua y podremos preparar 150g de mezcla.
- Si contamos con 190g de agua: Necesitaremos 10g de sal y podremos preparar 200g de mezcla.
- Si queremos preparar 25g de mezcla: Necesitaremos 1.25g de sal y 23.75g de agua.

Estas cantidades las podemos calcular fácilmente si consideramos que (para una disolución al 5%):

$$\frac{\text{Masa mezcla}}{100\%} = \frac{\text{Masa soluto}}{5\%} = \frac{\text{Masa disolvente}}{95\%}$$

**A**                      **B**                      **C**

En el caso del inciso (a), si sabemos que contamos con 7.5 g de sal, empleando la relación entre **A** y **B** :

$$\frac{\text{Masa mezcla}}{100\%} = \frac{\text{Masa soluto}}{5\%} \quad \text{entonces:} \quad \text{Masa de Mezcla} = \frac{\text{Masa soluto}}{5\%} \times 100\%$$

$$\text{Masa de Mezcla} = \frac{7.5g}{5\%} \times 100\% = 150g$$

De la misma forma, relacionando **B** y **C**:

$$\text{Masa de disolvente} = \frac{7.5g}{5\%} \times 95\% = 142.5g$$

Empleando las relaciones ilustradas anteriormente encuentra las cantidades que se mencionan en los ejemplos de los incisos b) y c) anteriores.

Claramente tanto para una disolución de sulfato de sodio al 5% como una disolución de nitrato de potasio al 5% o cualquier otra disolución de cualquier soluto (siempre y cuando su concentración sea al 5%) las relaciones presentadas anteriormente son válidas.

---

## Ejercicios:



1.- Si cuentas con 5 g de nitrato de potasio ¿Cuántos gramos de disolución al 0.1 % puedes preparar? (R: 5 kg)

2.- ¿Cuántos gramos de sulfito de sodio están contenidos 250 g de una disolución al 3%? (R: 7.5 g)

3.- Si deseas preparar 600 g de ácido sulfúrico al 0.5% ¿Cuántos gramos de esta sustancia necesitas? (R:3 g)

4.- Si el cemento Portland contiene alrededor de 5% de sulfato de calcio ¿Cuántos kilogramos de sulfato de calcio se requiere para fabricar 250 toneladas de cemento? (R: 12500 kg)

5.- El blanqueador comercial se fabrica empleando hipoclorito de sodio (NaClO) . El producto comercial contiene hipoclorito de sodio al 6%. Si la densidad del blanqueador es de 1.2 g /mL ¿Cuántos litros de blanqueador pueden producirse con 1.5 toneladas de hipoclorito de sodio?

( R: 20833.3 L)

6.- si mezclas agua 200 mL (densidad 1 g/mL), azúcar (35 g) , sal (15 g) y carbonato de sodio (3 g) cual es la concentración porcentual de cada uno de los componentes de la mezcla?

(R: 79, 13.8, 5.92 y 1.18% respectivamente)

7.- Si la concentración de azúcar en los refrescos es de aproximadamente 10-12 % ¿Cuánta azúcar consumes al ingerir un refresco de 600 mL? (considera que la densidad del refresco es cercana, aunque superior a 1.1g/mL)

(R: al menos 66 g)

8.- Si mezclas 25 mL de agua (densidad 1g/mL) con 750 mL de etanol (densidad 0.76 g/mL) ¿cuál es la concentración porcentual (en masa) de cada componente?

(R: agua 4.2%, etanol 95.8%)

9.- Empleando los datos del problema anterior ¿Cuántos mL de etanol requieres para preparar 250 g de una disolución al 1% de etanol en agua?

(R: 3.289 mL)

10.- Si se mezclan 150 g de una disolución de azúcar al 10% con 250 g de otra disolución de azúcar al 5% ¿cuál es la concentración de azúcar en la mezcla resultante?

(R: 6.87 %)

---

Considera ahora la siguiente reacción química:  $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Si cuentas con 50g de una disolución de  $\text{HNO}_3$  al 5% ¿Cuántos gramos de una disolución de sosa al 5% necesitas para neutralizar al ácido?

Claramente la respuesta no es inmediata pues requiere efectuar algunos cálculos. Cuando estamos interesados en efectuar reacciones químicas nos interesa más el número de partículas de soluto que contiene una disolución que en la masa del mismo. Empleando el agua de limón nuevamente como ejemplo, preferimos describirla en términos del número de limones por litro en lugar de los gramos de limón que esta contiene. Es por esto que frecuentemente se prefiere utilizar la concentración molar a

la porcentual. (Por cierto que la respuesta de la pregunta anterior es: se requieren 31.74 g de disolución de NaOH al 5% para neutralizar 50 g de HNO<sub>3</sub> al 5% [¿puedes calcular esta cantidad?](#)).



**Concentración Molar o Molaridad:** Esta unidad de concentración es una de las más empleadas en química y se define como la cantidad de moles de soluto contenidas en 1 L de disolución (mezcla). Nota que para preparar 1 L de una disolución acuosa 1 M de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> debemos colocar 1 mol de soluto en un matraz aforado (de 1L) y agregar agua (cuanta sea necesaria) hasta la marca del aforo del matraz. En esta unidad de concentración la cantidad de disolvente empleada está indeterminada pues para preparar 1 L de una disolución 1M es claro que emplearemos menos de 1 L de disolvente.

Nuevamente, para la reacción:  $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Si cuentas con 50 mL de una disolución de HNO<sub>3</sub> 1M ¿Cuántos mL de una disolución de NaOH 1M necesitas para neutralizar al ácido? En este caso la respuesta es inmediata: ¡50mL!

En este caso el cálculo es mucho más sencillo, pues la molaridad describe el número de partículas de un soluto contenidas en 1 L de disolución por lo que de acuerdo a la reacción química, necesitamos el mismo número de partículas de HNO<sub>3</sub> que de NaOH. Como ambas disoluciones tienen la misma concentración necesitaremos entonces el mismo volumen de ambas.

Para la reacción:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Ahora piensa: Si cuentas con 50 mL de una disolución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M ¿Cuántos mL de una disolución de NaOH 1M necesitas para neutralizar al ácido? ¿Cuántos mL emplearías si la disolución de NaOH fuese 0.5M? ¿Cuántos mL emplearías con sosa 2M? (R: 100 mL, 200 mL y 50 mL respectivamente)

Como se mencionó anteriormente, si tenemos la “receta” para preparar 1L, manteniendo las mismas proporciones podemos preparar cualquier cantidad de una disolución 1M (no necesitamos preparar siempre 1 litro).

En el caso de una disolución acuosa de sulfato de sodio 1 M podemos saber que:

- Si contamos con 2 moles de sal podríamos prepara hasta 2 L de una disolución 1M.
- Si contamos con un matraz aforado de 100 mL, necesitaremos 0.1 moles de sal.
- 250 mL de una disolución 1 M contienen 0.25 moles de esta sal.

Como puedes notar las relaciones entre el volumen y la cantidad de moles contenidas en éste son muy directas, pues todas ellas se basan en la siguiente proporción: (En el caso de una disolución 1M)

$$\frac{1 \text{ mol soluto}}{1 \text{ L de disolución}} = 1 \text{ M}$$

De forma análoga al caso de la concentración porcentual, dada una concentración, si conocemos el volumen de la disolución esto determina la cantidad de moles de soluto que contiene o que debe contener (en caso de que deseemos prepararla). Por otra parte si conocemos la cantidad de moles de soluto, eso determina el volumen en el que debe estar disuelta a fin de que la disolución presente la concentración deseada. Empleando el inciso c) como ejemplo:

Si contamos con 250 mL de una disolución 1 M entonces:

$$250 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} \times \frac{1 \text{ mol soluto}}{1\text{L}} = 0.250 \text{ moles de soluto}$$

Para el inciso (a) el cálculo es el siguiente:

$$2 \text{ moles de soluto} \times \frac{1\text{L de disolución}}{1\text{mol de soluto}} = 2 \text{ litros de disolución}$$

Adicionalmente puesto que una fórmula química refleja la proporción de partículas que contiene una sustancia, las siguientes relaciones pueden establecerse muy fácilmente:

**En una disolución 1M de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  hay una concentración 1M de iones  $\text{SO}_4^{2-}$  y 2M de iones  $\text{Na}^+$ .  
Una disolución 2M de  $\text{FeCl}_3$  hay una concentración 2M de iones  $\text{Fe}^{3+}$  y 6M de iones  $\text{Cl}^-$ .**

---

## Más Ejercicios:



1.- ¿Cuántos moles de carbonato de amonio se necesitan para preparar 250 mL de una disolución 0.1M? (R: 0.025 moles)

2.- ¿Cuántos moles de sulfato de calcio están contenidos en 15 mL de una disolución 2.5 M? (R: 0.0375 moles)

3.- ¿Cuántos mL de una disolución 0.5 M de sulfato de amonio necesitas para en estos estén contenidos 1.5 moles de esta sal? (R: 3000mL)

4.- Si colocas 0.015 moles de clorato de sodio en un matraz aforado de 25 mL ¿Cuál será la concentración molar de esta sal? (R: 0.6M)

5.- Si se disuelven 0.02 moles de  $\text{FeCl}_3$  en un matraz de 250 mL ¿Cuál es la concentración molar de iones cloruro en la disolución? (R: 0.24M)

6.- Si la concentración de iones sulfato en una disolución de sulfato de aluminio es de 0.3 M ¿Cuál es la concentración del ión  $\text{Al}^{3+}$ ? y ¿Cuál es la concentración de la sal en esta disolución? (R: 0.2M y 0.1M respectivamente)

7.- Si 0.025 moles de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 0.05 moles de  $\text{NaCl}$  se disuelven en un matraz de 100 mL ¿Cuál es la concentración molar de los iones  $\text{Na}^+$  en esta disolución? (R: 1M)

8.- En un matraz aforado de 100 mL se coloca 1 mL de una disolución 0.5 M de carbonato de potasio. al agregar agua hasta el aforo. ¿Cuál es la concentración de la sal en la nueva disolución? (R: 0.005M)

---

9.- Si se mezclan 200 mL de una disolución 1 M de NaCl con 500 mL de una disolución de 0.5M de FeCl<sub>2</sub> ¿Cuál es la concentración de los iones Cl<sup>-</sup> en la mezcla resultante? (considera que el volumen final es de 700 mL).  
(R: 1M)

10.- Se cuentan con 3L de una disolución 1.5 M de una sal cuya concentración se requiere incrementar hasta 9M ¿Que volumen del disolvente debe evaporarse para conseguir la concentración deseada?  
(R: 2.5L)

---

Como habrás notado, en todos los ejercicios que has hecho hasta ahora, cuando la concentración de una mezcla esta expresada como % (m/m) y quieres encontrar ya sea la masa del soluto o la masa de la mezcla, el cálculo es muy sencillo (en los cálculos que efectuaste en los ejercicios de la primera parte, jamás usaste la fórmula química de las sustancias para resolverlos). Algo semejante sucede cuando a partir de una disolución molar requerimos conocer los moles de soluto o el volumen de la disolución, el cálculo es sumamente sencillo (en los ejercicios de la segunda parte nunca fue necesario usar la masa molar de las sustancias calculadas).

Sin embargo, cuando a partir de una concentración porcentual se requiere saber algún dato relacionado con los moles del soluto o cuando a partir de una disolución molar se requiere algún dato relacionado a la masa del soluto, el problema se complica ligeramente pues en este caso tenemos que recurrir al cálculo de la masa molar del soluto.

---

### +++ Ejercicios:



1.- ¿Cuántos moles de clorito de calcio Ca(ClO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> están contenidos en 250 g de una mezcla al 30% ?

(R: 0.428 moles)

2.- ¿Cuántos gramos de sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> necesitas para preparar 250 mL de una disolución 0.5 M de esta sal?

(R: 16.51g)

3.- ¿Cuántos gramos de perclorato de sodio (NaClO<sub>4</sub>) están contenidos en 50 mL de una disolución 0.3M?

(R: 1.836 g)

4.- ¿Cuántos gramos de una disolución al 5% de cloruro de potasio (KCl) necesitas para que en ellos estén contenidos 0.2 moles de esta sal?

(R: 298.2g)

5.- Si la densidad de una disolución que contiene HCl (al 20%) es de 1.1 g/mL ¿Cuántos moles de HCl están contenidos en 5 mL?

(R: 0.03 moles)

6.- Si una disolución que contiene 0.1 M de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.5M de NiSO<sub>4</sub> y 0.3M de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se evapora por completo dejando únicamente los sólidos ¿Cuál es la composición porcentual (m/m) de cada una de estas sales en el sólido resultante?

(R: 12.96% , 57.55% y 29.48% respectivamente)

7.- ¿Cuántos gramos de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 50% necesitas para preparar 500 mL de una disolución 0.1 M?

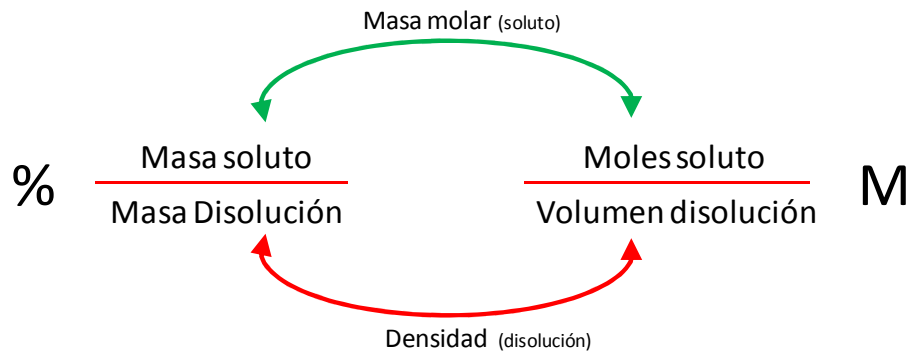
(R: 9.8g)

8.- Si tienes una mezcla de NaCl (30%), CaCl<sub>2</sub> (20%) , AlCl<sub>3</sub> (15%) y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (35%) ¿Cuántos moles de iones Cl<sup>-</sup> contiene 1 gramo de mezcla? (R: 0.012 moles)

9.- Si colocas 30g de una disolución al 15% de hidróxido de sodio en un matraz aforado de 250 mL, después de completar el volumen con agua, ¿Cuál es la concentración molar de la disolución resultante? (R: 0.45 M)

10.- Al evaporar 250mL de una disolución de nitrato de aluminio (Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) se obtuvieron 2g de un sólido del cual se determinó que solo el 75% de la masa de este sólido era nitrato de aluminio ¿Cuál era la concentración molar de la sal en la disolución original? (R: 0.028 M)

Finalmente, si conocemos la concentración porcentual de una sustancia ¿es posible conocer su concentración molar? o si conocemos la concentración molar de una sustancia ¿es posible conocer su concentración porcentual? Observa la siguiente relación:



Para calcular las moles de soluto si conocemos su masa (y viceversa) sólo necesitamos conocer la masa molar de esa sustancia (para lo cual necesitamos conocer su fórmula química). Para calcular el volumen de una disolución si conocemos la masa de ésta (y viceversa) solo necesitamos conocer la densidad de la disolución.

**Ejemplo 1.** Una disolución de nitrato de potasio al 3% tiene una densidad de 1.05 g/mL ¿Cuál es la concentración molar de KNO<sub>3</sub> en esta disolución? Como se mencionó anteriormente la concentración (ya sea % ó M) es una propiedad intensiva por lo que no depende de la cantidad de disolución o mezcla en la cual se efectúe el cálculo. Sin embargo, cuando transformamos % → M los cálculos se facilitan si partimos de 100 g de disolución (mezcla). Así, 100 g de una disolución al 3% contienen 3 g de soluto, entonces:

$$\frac{3g \text{ KNO}_3}{100g \text{ disolución}} \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101.1g \text{ de KNO}_3} \times \frac{1.05g \text{ de disolución}}{1mL \text{ de disolución}} = 3.1 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{mL}}$$

Para convertir esta concentración, (mol /mL) en mol /L:

$$\frac{3.1 \times 10^{-4} \text{ mol de soluto}}{1mL \text{ de disolución}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1L} = 0.31 \frac{\text{mol}}{L} = 0.31 M$$

**Ejemplo 2.** Una disolución 1.5M de sulfato de sodio tiene una densidad de 1.25 g/mL ¿Cuál es la concentración % (m/m) de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en esta disolución? De forma análoga al ejemplo anterior, cuando se efectúa la transformación  $M \rightarrow \%$ , los cálculos se facilitan si consideramos 1L de disolución.

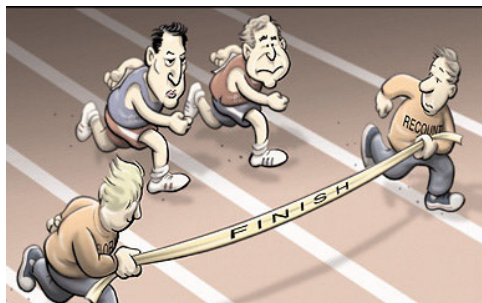
1 L (1000 mL) de una disolución 1.5 M contiene 1.5 moles de soluto por lo que:

$$\frac{1.5 \text{ mol de } \text{Na}_2\text{SO}_4}{1000 \text{ mL disolución}} \times \frac{142 \text{ g de } \text{Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol } \text{Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{1 \text{ mL de disolución}}{1.25 \text{ g de disolución}} = 0.1704 \frac{\text{g (soluto)}}{\text{g (disolución)}}$$

Cada gramo de disolución contiene 0.17 g de soluto. Como la masa de la disolución siempre es equivalente al 100% entonces:

$$0.1704 \text{ g soluto} \times \frac{100\%}{1 \text{ g de disolución}} = 17.04 \%$$

### En la recta final:



1.- El ácido clorhídrico  $\text{HCl}(\text{ac})$  concentrado es una disolución al 36% cuya densidad es aproximadamente 1.16 Kg/L ¿Cuál es la concentración molar de esta sustancia?

(R: 11.44 M)

2.- El ácido sulfúrico concentrado se comercializa como una mezcla al 98% cuya densidad es de 1.9 g/mL. Calcula su molaridad.

(R: 19 M)

3.- Si una disolución de sosa al 5M tiene una densidad de 1.4g/mL ¿Cuál es su concentración porcentual?

(R: 14.28 %)

4.- ¿Cuál es la concentración molar del agua (densidad 1g/mL)?

(R: 55.5 M)

5.- Si se mezcla 500 mL de una disolución 1M de sulfato de potasio con 250mL de una disolución de 1M bisulfato de potasio. Considera que en este caso el volumen final es de 750 mL y que la densidad de la mezcla resultante es de 1.1g/mL

a) ¿Cuál es la concentración molar de las sales en la mezcla resultante?

(R: 0.66 M y 0.33 M)

b) ¿Cuál es la concentración % de las sales en la mezcla resultante?

(R: 10.55% y 4.12%)

c) ¿Cuál es la concentración final molar del ión  $\text{K}^+$ ?

(R: 1.66 M)

d) ¿En qué volumen están contenidos 0.5 g de ion sulfato?

(R: 5.2 mL)

