

A qué nos referimos cuando hablamos de la **concentración** de una **solución** y cómo puede calcularse? En general nos referimos a la cantidad de soluto respecto a la cantidad total de solución o de solvente. Esas cantidades pueden expresarse de manera vaga, poco precisa, tal como lo hacemos en nuestra vida cotidiana, por ejemplo, dos cucharadas de azúcar en una taza de té. Pero muchas veces nos interesa conocer con precisión cuál es la relación soluto – solución o soluto- solvente. En esos casos la cantidad de soluto se expresa como **masa, volumen o moles** y la de solución como masa o volumen.

Algunos ejemplos son aquellos que expresan la concentración como un porcentaje

% masa/masa también se expresa como % peso/peso por cuanto siempre que se mida a 45 ° de latitud y al nivel del mar, los valores numéricos coinciden pero es más correcto expresarlo como masa.

% masa/volumen

% volumen/volumen

La graduación alcohólica de una bebida se expresa en % volumen / volumen, así si tiene 42°, contiene 42 ml de alcohol por cada 100 ml de bebida.

Otros ejemplos:

Si se lee en una etiqueta que una solución salina es de 4% m/V implica que tiene 4 g de sal en 100 ml de solución. En otras ocasiones se expresa en g/l lo que indica cuantos gramos de soluto tiene cada litro de solución.

Problemas:

1-Una solución contiene 10 g de NaCl en 60 g de solución. Expresar la concentración en:

- a- g soluto /100 agua
- b- % m/m

a- La masa de solvente (agua si no se especifica otra cosa) es $60\text{ g} - 10\text{ g} = 50\text{ g}$ por lo que si se refiere a 100 g de agua se tiene:

$$10\text{ g} \times 100\text{ g} / 50\text{ g} = \mathbf{20\text{ g}}$$

b- En este caso se refiere a la masa de soluto en 100 g de solución por lo que si se tienen 10 g de soluto en 60 g de solución, al plantear la proporción para referirlo a 100 se tiene:

$$10\text{ g} \times 100\text{ g} / 60\text{ g} = \mathbf{16,67\% m/m}$$

2- Cuál será el porcentaje en masa del soluto de una disolución que contiene 4 g de tolueno en 25 g de benceno.

Masa disolución: masa tolueno + masa benceno = 4 g + 25 g = 29 g

4 g tolueno / 29 g de disolución, para referirlo a 100:

$$4 \text{ g tolueno} \times 100 \text{ g disolución} / 29 \text{ g disolución} = \mathbf{13,79 \% m/m}$$

3- Cuántos ml de etanol deben agregarse a 200 ml de metanol para obtener una solución al 10% V/V?

Si se llama y la cantidad desconocida de etanol se tiene que:

$$[y / (200 + y)] \cdot 100 = 10$$

$$y = 0,1 \cdot (200 + y)$$

$$y = 20 + 0,1y$$

$$y - 0,1y = 20$$

$$0,9y = 20$$

$$y = 20 / 0,9 \quad \mathbf{y = 22,2 \text{ ml}}$$

4- Se disuelven 2 g de un soluto, llevando el volumen final a 500 ml.

Cuál será la concentración expresada en % m/V?

Planteando la proporción correspondiente para referir a 100 ml, se tiene:

$$\% m/V = (2 / 500) \times 100 = \mathbf{0,4 \% m/V}$$

5- Si la densidad de la solución es 1,2 g / ml, expresar la concentración de la solución anterior en % m/m.

La masa de solución es: 500 ml x 1,2 g/ml = 600 g

$$y \% m/m = (2 / 600) \times 100 = \mathbf{0,33 \% m/m}$$

Como se observa puede hallarse un porcentaje a partir del otro multiplicando o dividiendo por la densidad de la solución:

$$\mathbf{\% m/m \times densidad = \% m/V}$$

$$\mathbf{\% m/V / densidad = \% m/m}$$

Para pasar de una concentración expresada en % m/V a gramos/litro debe multiplicarse por 10 (en 1000 ml habrá 10 veces más soluto que en 100 ml).

6- Cuál será la concentración expresada en % m/m y g/l de una solución 0,3 % m/V? la densidad es 1,05 g/ml.

$$\text{a- } \% \text{ m/m} = \% \text{ m/V} / \text{densidad} = 0,3 / 1,05 = 0,286 \% \text{ m/m}$$

$$\text{b- } \text{g/l} = \% \text{ m/V} \times 10 = 0,3 \times 10 = 3 \text{ g/l}$$

7- Cuántos gramos de sal se necesitan para preparar 200 ml de solución al 3,2 % m /V?

Se desean 3,2 g de sal en 100 ml de solución, en 200 ml:

$$3,2 \text{ g} \times 200 \text{ ml} / 100 \text{ ml} = 6,4 \text{ g}$$

Molaridad

8- Una disolución contiene 25 gramos de $(\text{SO}_4)_3 \text{Fe}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ por 400 ml. Calcular la concentración molar de la disolución y de los iones.

Para hallar la molaridad debe conocerse el peso molar que en este caso si se calcula es: $(32 + 4 \cdot 16) \cdot 3 + 56 \cdot 2 + 9 \cdot 18 = 96 \cdot 3 + 56 \cdot 2 + 9 \cdot 18 = 288 + 112 + 162 = 562 \text{ g/mol}$

$$\text{Moles soluto} = \text{masa} / \text{masa molar} = 25 \text{ g} / 562 \text{ g/mol} = 0,0445 \text{ moles}$$

$$M = 0,0445 \text{ moles} / 0,4 \text{ l} = 0,111 \text{ M}$$

$$\text{Sulfato} = 0,111 \text{ M} \times 3 = 0,333 \text{ M}$$

$$\text{Férrico} = 0,111 \text{ M} \times 2 = 0,222 \text{ M}$$

9- Cuál será la molaridad de una disolución de amoníaco que se obtiene diluyendo 20 ml de amoníaco acuoso concentrado (28 % p/p, densidad 0,9 g/ml) hasta completar un volumen total de 90 ml.

Se tienen 28 g / 100 g solución

Si la densidad es 0,90 g / ml, el volumen de solución es: $100 \text{ g} / 0,90 \text{ g/ml} = 111,11 \text{ ml}$.

Molaridad = moles / litro solución = masa / PM / litro solución

$$\text{Moles} = 28 \text{ g} / 17 \text{ g/mol} = 1,65 \text{ moles}$$

$$\text{Molaridad} = 1,65 \text{ moles} / 0,111 \text{ l} = 14,86 \text{ M}$$

Para hallar la concentración de la diluida C_2 :

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$C_1 = 14,86 \text{ M}$$

$$V_1 = 0,002 \text{ l}$$

$$V_2 = 0,009 \text{ l}$$

Para hallar C_2

$$C_2 = 14,86 \text{ M} \times 0,002 \text{ l} / 0,009 \text{ l}$$

$$C_2 = 3,30 \text{ M}$$

10- Cuántos ml de solución de H_3PO_4 85 % p/p, densidad = 1,70 g/ml, se necesitan para preparar 500 ml de solución 2,00 M?

Se debe trabajar con la misma unidad de concentración por lo que es necesario pasar 85 % p/p a molaridad.

Se tiene 85 g ácido /100 g solución, en primer lugar es necesario convertir la masa de solución (100 g en ml, para lo cual se cuenta con la densidad como dato)

$$\text{Volumen solución} = 100 \text{ g} / 1,70 \text{ g/ml} = 58,82 \text{ ml}$$

Molaridad = moles / litros solución

$$\text{Moles} = \text{masa} / \text{masa molar} = 85 \text{ g} / 98 \text{ g/mol} = 0,87 \text{ moles}$$

$$\text{Molaridad} = 0,87 \text{ moles} / 0,0588 \text{ l} = 14,80 \text{ M}$$

Para hallar el volumen de la solución concentrada:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Reemplazando:

$$V_1 = 0,5 \text{ l} \times 2 \text{ M} / 14,80 \text{ M} = 0,06757 \text{ l} = 67,57 \text{ ml} \text{ de solución concentrada } 14,80 \text{ M.}$$

11- se dispone de 20 ml de una solución 2,00 M de Na_2SO_4 ¿Hasta qué volumen debe diluirse para preparar 500 ml de una solución al 1,00 % p/V?

Para expresarla en la misma unidad de concentración se lleva Molaridad (M) a % p/V.

El peso molar es 142 g / mol, por lo tanto si la solución es 2 M, se tienen:

$$142 \text{ g} / \text{mol} \times 2 \text{ mol} = 284 \text{ g}$$

$$284 \text{ g} / \text{l} \times 0,1 \text{ l} = 28,4 \text{ g} / 100 \text{ ml} = 28,4 \% \text{ p/V}$$

Si se aplica

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$C_2 = 28,4 \% \text{ p/V}$$

$$V_2 = 20 \text{ ml}$$

$$C_1 = 1 \% \text{ p/V}$$

$$V_2 = 28,4 \times 20 / 1 = 568 \text{ ml}$$

12- A partir de una solución acuosa de H_2SO_4 , con densidad 1,84 g / ml y de concentración 98 % p/p se desea preparar 100 ml de solución 2 M. Calcular el volumen de solución concentrada necesario.

La concentración es 98 g / 100 g solución, si se lo divide por la densidad se tiene:

$$98 \text{ g} / 54,35 \text{ ml de solución} = 98 \text{ g} / 0,05435 \text{ l de solución}$$

Para hallar la molaridad:

$$\text{Moles} = \text{masa} / \text{masa molar} = 98 \text{ g} / 98 \text{ g/mol} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{Molaridad} = 1 \text{ mol} / 0,054 \text{ l} = 18,52 \text{ M}$$

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Reemplazando:

$$V_1 = 100 \text{ ml} \times 2 \text{ M} / 18,52 \text{ M} = 10,8 \text{ ml}$$

13- Se dispone de 80,0 ml de solución 3,0 M de KOH y se agrega 40,0 ml de agua. Cuál es la concentración final?

En 80 ml de concentración 3,0 molar se tienen: 3 moles /litro x 0,080 l = **0,24 moles**

Si se agregan 40,0 ml el volumen final es: 80,0 + 40,0 = **120 ml**

$$\text{Molaridad} = 0,24 \text{ moles} / 0,120 \text{ l} = 2 \text{ M}$$

También puede resolverse aplicando $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

Cálculo de Normalidad

NORMALIDAD = equivalentes de soluto / litro de solución

El problema radica en cómo hallar los equivalentes de soluto. En principio se debe tener en cuenta que tipo de sustancia se tiene, si es un ácido, base o sal.

Si fuera un **ácido**, cada mol liberará **tantos equivalentes ácidos como H^+** tenga:

$$\text{HCl}: 1 \text{ H}^+ / \text{mol} = 1 \text{ equivalente} / \text{mol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 : 2 \text{ H}^+ / \text{mol} = 2 \text{ equivalentes} / \text{mol}$$

Si se tratara de una **base**, cada mol liberará **tantos equivalentes como OH^-** tenga:

$$\text{NaOH}: 1 \text{ OH}^- / \text{mol} = 1 \text{ equivalente} / \text{mol}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 : 2 \text{ OH}^- / \text{mol} = 2 \text{ equivalentes} / \text{mol}$$

Si fuera una **sal**, la cantidad de equivalentes por mol será igual a la **carga total positiva o negativa**.

Na_2S : $1^+ \times 2 = 2$ (del sodio) = 2 equivalentes / mol

Al_2S_3 : $3^+ \times 2 = 6$ (del aluminio) = 6 equivalentes /mol

14- Se tienen 30 g de $(\text{SO}_4)_3 \text{Fe}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ en 500 ml de solución. ¿Cuál será la normalidad de la solución?

N = equivalentes de soluto / litro solución

Para hallar los equivalentes debe calcularse el peso de cada equivalente y con ese dato, cuántos equivalentes se tienen en esa masa de soluto.

PM = 562 g / mol

Se trata de una sal, por lo que la cantidad de equivalentes por mol está dada por la carga total positiva: 2×3 (carga Fe^{+3}) = 6

Peso equivalente = 562 g/mol : 6 eq/mol = 93,67 g/eq

Equivalentes = 30 g / 93,67 g/eq = 0,32 eq

N = 0,32 eq / 0,5 l = 0,64 N

15- Dada una disolución 2 N de nitrato de cobalto, cómo se preparan 60 ml de una disolución que contenga 10 mg de cobalto / ml?

Se debe expresar la concentración inicial y la final en la misma unidad.

Masa molar nitrato cobalto: $59 + 14 + 48 = 121$ g/mol

Equivalentes por mol = 2 (carga del Co)

Peso equivalente = $121 \text{ g/mol} : 2\text{eq/mol} = 60,5 \text{ g/eq}$

$2 \text{ N} = 2 \text{ eq / l}$

$60,5 \text{ g/eq} \times 2 \text{ eq} = 121 \text{ g / l} = 121 \text{ mg /ml}$ de los cuáles 59 mg son de cobalto.

$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

$V_1 = 60 \text{ ml} \times 10 \text{ mg/ml} / 59 \text{ mg/ml} = 10,17 \text{ ml}$

16- Para hacer exactamente 10 litros de hidróxido de potasio 0,111 N sólo hay disponibles 40,22 g de hidróxido de potasio puro. Cuántos ml de solución de hidróxido de potasio 31% p/p, densidad = 1,3010 se necesitan para completar la solución?

$\text{Peq KOH} = \text{PM}/1 = 56 \text{ g/eq}$

$$10 \text{ l} \times 0,111 \text{ eq/l} = 1,11 \text{ eq}$$

$$\text{Masa} = 1,11 \text{ eq} \times 56 \text{ g/eq} = 62,16 \text{ g}$$

Se tienen 40,22 g

$$\text{Faltan: } 62,16 - 40,22 = 21,94 \text{ g}$$

Para determinar cuánta solución al 31 % p/p se requiere se determinará cuántos gramos / ml de KOH contiene.

$$31 \text{ g KOH} / 100 \text{ g solución} = 31 \text{ g} / 100 \text{ g: } 1,3010 \text{ g/ml} = 31 \text{ g} / 76,86 \text{ ml} = 0,4033 \text{ g /ml.}$$

$$\text{De allí y por medio de una proporción: } 21,94 \text{ g} \times 1 \text{ ml} / 0,4033 \text{ g} = \mathbf{54,40 \text{ ml}}$$

17- Una disolución de sulfato de magnesio es 0,2 N. Calcular la concentración de Mg^{+2} y SO_4^{-2} en mg / ml.

En primer lugar se debe determinar cuántos gramos contiene por litro para lo cual hay que hallar el peso equivalente.

Se trata de una sal en la que la carga total positiva es 2. El peso molar es $24 + 32 + 64 = 120 \text{ g / mol}$

De ello se tiene:

$$24/120 \cdot 100 = 20,0 \% \text{ Mg}^{+2}$$

$$96 / 120 \cdot 100 = 80 \% \text{ SO}_4^{-2}$$

Y el peso equivalente = $\text{Peso molar} / 2 = 60 \text{ g / eq}$

$0,2 \text{ eq / l} \times 60 \text{ g / eq} = 12 \text{ g / l}$, concentración equivalente a 12 mg / ml .

$$12 \times 0,2 = \mathbf{2,4 \text{ mg / ml Mg}^{+2}}$$

$$12 \times 0,8 = \mathbf{9,6 \text{ mg /ml SO}_4^{-2}}$$

18- La densidad del HNO_3 al 40 % P/P es $1,25 \text{ g / ml}$. Hallar la normalidad de la solución.

$40 \text{ g} / 100 \text{ g solución}$

$$\text{Volumen solución} = 100 \text{ g} / 1,25 \text{ g/ml} = \mathbf{80 \text{ ml}}$$

$$\text{Concentración} = 40 \text{ g} / 80 \text{ ml} = 40 \text{ g} / 0,080 \text{ l}$$

Para pasar los gramos a equivalentes se debe hallar el peso equivalente.

$$\text{Peso equivalente} = \text{Peso molar} / 1 \text{ eq/mol}$$

Peso equivalente = peso molar = 63 g/eq (14 + 3.16 + 1)

Equivalentes = masa / peso equivalente = 40 g / 63 g/eq = **0,635 eq**

Normalidad = equivalentes soluto / litro solución

Reemplazando:

$$N = 0,635 \text{ eq} / 0,080 \text{ l} = \mathbf{7,94 \text{ N}}$$

19- Cuánto se debe diluir una solución 0,3 M de CdSO_4 para obtener 80 ml de disolución 0,05 N?

Se puede aplicar

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Es necesario expresar las dos concentraciones en la misma unidad. Se resuelve pasar la molaridad a normalidad.

$$0,3 \text{ moles / litro} \times 2 \text{ equiv. / mol} = 0,6 \text{ eq / litro} = \mathbf{0,6 \text{ N}}$$

Reemplazando

$$V_1 = 0,05 \text{ N} \times 80 \text{ ml} / 0,6 \text{ N} = \mathbf{6,67 \text{ ml}}$$

Diluir de 6,67 a 80 ml

20- Una solución contiene 350 mg de sulfato de calcio (CaSO_4) en 300 ml de solución. Cuál será su concentración en equivalentes / litro? Y en ppm de SO_4^{-2} y Ca^{+2} ?

Se requiere conocer el peso equivalente por lo tanto primero se halla el molar.

$$\text{PM} = 40 + 32 + 16.4 = 136 \text{ g/mol}$$

$$\text{Peq} = 136 \text{ g/mol} : 2 \text{ equiv./mol} = 68 \text{ g/equiv}$$

$$\text{En } 350 \text{ mg} = 0,35 \text{ g}$$

$$\text{Equiv.} = 0,350 \text{ g} / 68 \text{ g/eq} = \mathbf{0,00515 \text{ eq}}$$

$$\mathbf{\text{Equiv/litro} = 0,00514 \text{ eq} / 0,3 \text{ l} = 0,017}$$

$$96 / 136 = 0,706 \text{ sulfato}$$

$$0,7059 \times 350 \text{ mg} = 247 \text{ mg}$$

$$\mathbf{247 \text{ mg} / 0,3 \text{ l} = 823 \text{ ppm } \text{SO}_4^{-2}}$$

$$40 / 136 = 0,294 \text{ calcio}$$

$$0,294 \times 350 \text{ mg} = 102,94 \text{ mg}$$

$$102,94 \text{ mg} / 0,3 \text{ l} = 343 \text{ ppm Ca}^{+2}$$

21- Qué peso total de NaOH habrá en 60 ml de solución 5,6 N?

$$P_{eq} = PM / 1 = 40 \text{ g / eq}$$

$$Eq = 5,6 \text{ eq / l} \times 0,060 \text{ l} = 0,336 \text{ eq}$$

$$\text{Masa} = 0,336 \text{ eq} \times 40 \text{ g / eq} = 13,44 \text{ g}$$

Algunas técnicas de análisis exigen el cálculo de la **molalidad** de una solución. En qué consiste esta expresión y cómo puede calcularse? Como siempre es una expresión de la cantidad de soluto, referida en este caso a la cantidad de solvente.

$$\text{molalidad} = \text{moles soluto} / \text{Kg solvente}$$

La cantidad de soluto se expresa en moles y la cantidad de solvente en Kg. Es necesario por lo tanto conocer la masa de soluto y el peso molar para determinar la cantidad de moles.

La masa del solvente puede determinarse por la siguiente diferencia:

$$\text{masa solvente} = \text{masa solución} - \text{masa soluto}$$

Si no se conoce la **masa de solución**, puede hallarse como: **m = densidad x volumen**

22- Se disuelven 100 g de H₂SO₄ en la cantidad de agua necesaria para tener un volumen final de 500 ml. Si la densidad de la solución es 1,13 g/ml, hallar la molalidad de la misma,

$$PM \text{ H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g/mol}$$

$$\text{Moles} = \text{masa} / \text{masa molar} = 100 \text{ g} / 98 \text{ g/mol} = 1,02 \text{ moles}$$

$$\text{Masa solución} = \text{densidad} \times \text{volumen} = 1,13 \text{ g/ml} \times 500 \text{ ml} = 565 \text{ g}$$

$$\text{Masa solvente} = \text{masa solución} - \text{masa soluto} = 565 \text{ g} - 100 \text{ g} = 465 \text{ g}$$

$$\text{Masa solvente} = 0,465 \text{ Kg}$$

$$\text{molalidad} = \text{moles soluto} / \text{kg solvente} = 1,02 \text{ moles} / 0,465 \text{ Kg} = 2,19 \text{ m}$$

23- Se obtiene NH₃ gaseoso según la reacción $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$. Si se colocan 3,57 moles de H₂ y al amoníaco obtenido se lo disuelve en 700 g de agua (densidad solución resultante 1,2 g/ ml), hallar la molaridad y normalidad de la solución:

Según la reacción planteada a partir de 3 moles de H₂ se obtienen 2 de NH₃ por lo que si se parte de 3,57 moles de H₂ se obtendrán $3,57 \times 2 / 3 = 2,38$ moles de amoníaco.

PM NH_3 = 17 g/mol

2,38 moles x 17 g / mol = **40,46 g NH_3**

Masa solución = 700 g + 40,46 g = **740,46 g**

Volumen solución = 740,46 g : 1,2 g/ml = 617,05 ml = **0,617 l**

Molaridad = 2,38 moles / 0,617 l = **3,86 M**

Cálculo de la molalidad:

Molalidad = moles soluto / Kg solvente = 2,38 moles / 0,700 Kg = **3,4 m**

24- En cuántos gramos de agua deben disolverse 25 g de H_3PO_4 para obtener una solución 0,62 molal.

molalidad = moles H_3PO_4 / kg solvente

Se debe despejar Kg de agua por ser este el solvente. Antes deben hallarse las moles de soluto (H_3PO_4)

PM = 98 g / mol

Moles = 25 g : 98 g/mol = **0,255 moles**

Despejando se tiene:

Kg solvente = moles H_3PO_4 / molalidad = 0,255 moles/l : 0,62 moles/Kg solvente =

0,411 Kg = 411 g

25- Cuál será la molalidad de una disolución 2,3 M de NaCl?

Dato: densidad solución 1,05 g/ml

Se tienen 2,3 moles de soluto en 1 litro de solución, se debe hallar la masa de solución utilizando la densidad.

Masa = d x V = 1000 ml x 1,05 g/ml = 1050 g

Masa solvente = masa solución – masa de soluto

Se tienen 2,3 moles de NaCl, si el PM = 58,5 g/mol:

2,3 moles x 58,5 g/mol = 134,55 g

Masa solvente = 1050 g – 134,55 = 915,45 g = 0,915 Kg

molalidad = 2,3 moles / 0,915 Kg = **2,51 m**

