

Disoluciones químicas

b.1 Molaridad (M)

Se define como la cantidad de soluto (A) en moles, disuelta en 1 litro de disolución (AB) y se expresa como:

$$M = \frac{n_A}{V_{AB}}$$

Donde:

M = Molaridad expresada en mol/L.

n_A = Cantidad de soluto expresada en moles (mol).

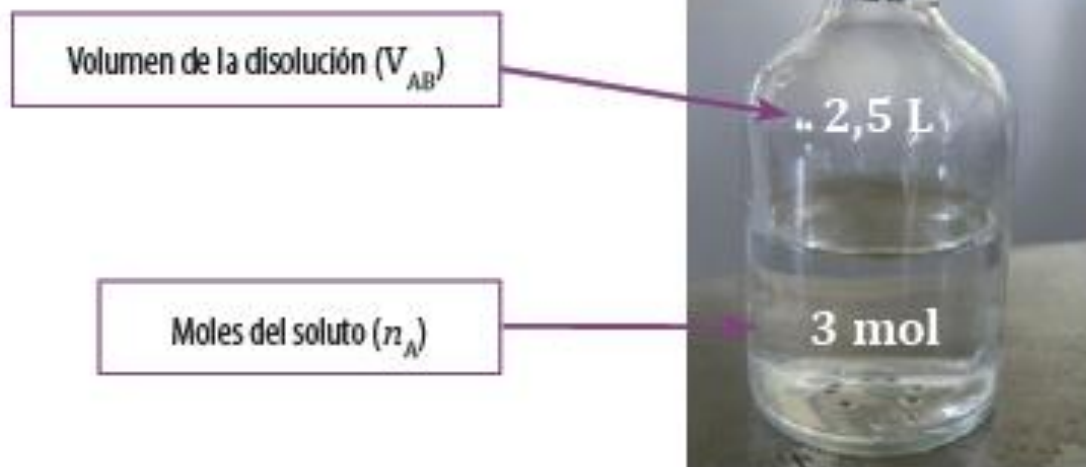
V_{AB} = Volumen de la disolución expresada en litros (L).

EJERCICIO RESUELTO

EJEMPLO 1

¿Cuál es la molaridad de una disolución acuosa que contiene 3 moles de ácido clorhídrico o ácido muriático (HCl) en 2,5 L de disolución que será empleada en la limpieza de superficies metálicas y cerámicas?

Paso 1. Los datos son:



Paso 2. Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita.

$$M = \frac{n_A}{V_{AB}}$$

Paso 3. Remplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$M = \frac{3 \text{ mol}}{2,5 \text{ L}} = 1,2 \text{ mol/L o } 1,2 \text{ M}$$

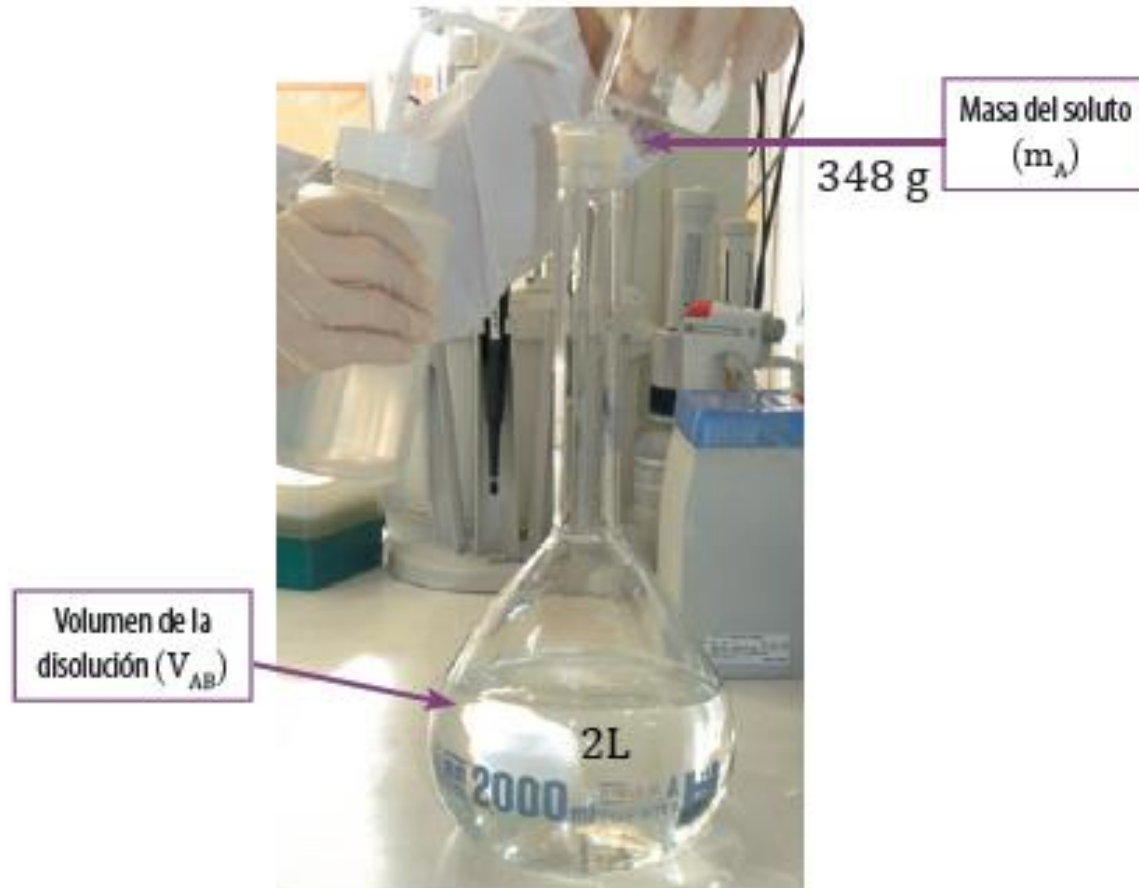
Paso 4. Interpretar para dar una respuesta.

Observa el valor obtenido y responde. Si el resultado del ejercicio es $M = 1,2 \text{ mol/L}$, ¿qué información te proporciona el valor respecto al soluto y la disolución? ¿El resultado obtenido es una proporción de los datos iniciales?

EJEMPLO 2

¿Cuál es la molaridad de una disolución de 2 L que contiene 348 g de cloruro de sodio (NaCl) como soluto?

Paso 1. Los datos son:



Paso 2. Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita.

$$M = \frac{n_A}{V_{AB}}$$

En el problema, la cantidad de soluto está expresada en gramos (348 g), pero según lo que indica la fórmula de molaridad, se necesita en moles. Por lo tanto, para transformarla necesitamos conocer la **masa molar** (M), que corresponde a la masa de un mol de átomos, moléculas u otras partículas. Se expresa en g/mol.

Cálculo de la masa molar del cloruro de sodio (NaCl):

1 átomo de sodio (Na) $\rightarrow$ 1 $\cdot$ 23 g/mol

1 átomo de cloro (Cl) $\rightarrow$ 1 $\cdot$ 35 g/mol

M_{NaCl} 23 g/mol + 35 g/mol = 58 g/mol

Para calcular la cantidad de una sustancia en moles, se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{m}{M}$$

Para calcular la cantidad de una sustancia en moles, se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{m}{M}$$

Donde:

n = cantidad de materia en mol

m = masa de la sustancia en gramos (g)

M = masa molar en g/mol (g/mol)

Ahora bien, utilizando los datos obtenidos, se calcula la cantidad de moles de soluto:

$$n = \frac{348 \cancel{\text{g}}}{58 \frac{\cancel{\text{g}}}{\text{mol}}} = 6 \text{ mol}$$

Paso 3. Remplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$M = \frac{6 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 3 \text{ M}$$

Paso 4. Interpretar para dar una respuesta.

Considerando que el resultado del ejercicio es 3 mol/L, ¿qué información te permite deducir?

b.2 Molalidad (m)

Se define como la cantidad de soluto (A) en moles, disuelta en 1 kilogramo de disolvente (B) y se expresa como:

$$m = \frac{n_A}{m_B}$$

Donde:

m = Molalidad expresada en mol/kg

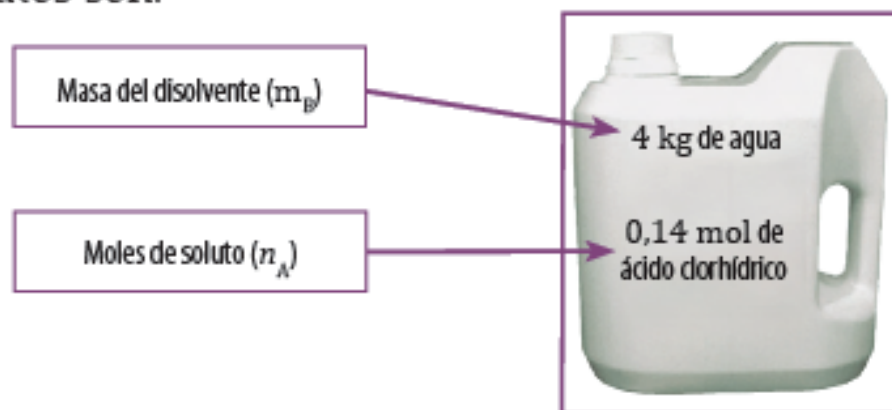
n_A = Cantidad de soluto expresada en moles (mol).

m_B = Masa de disolvente expresada en kilogramos (kg).

EJEMPLO 1

¿Cuál es la molalidad de una disolución preparada al mezclar 4 kg de agua como disolvente con 0,14 mol de ácido clorhídrico (HCl) como soluto?

Paso 1. Los datos son:



Paso 2. Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita.

$$m = \frac{n_A}{m_B}$$

Paso 3. Remplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$m = \frac{0,14 \text{ mol}}{4 \text{ kg}} = 0,035 \text{ mol/kg o } 0,035 \text{ m}$$

Paso 4. Interpretar para dar una respuesta.

Por lo tanto, para preparar una disolución 0,035 m de HCl debemos tener 0,14 mol de HCl disueltos en 4 kg de agua (4L). Reflexiona, ¿qué pasará si esos 0,14 moles de HCl están en un volumen menor?

EJEMPLO 2

¿Cuál es la molalidad de una disolución preparada al mezclar 2 g de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en 20 g de agua?

Paso 1. Datos:

Soluto = 2 g NaHCO_3

Disolvente = 20 g H_2O

Paso 2. Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita.

$$m = \frac{n_A}{m_B}$$

Para calcular la molalidad, es necesario obtener la masa molar del NaHCO_3 , que corresponde a 84 g/mol.

La cantidad de sustancia será:

$$n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,023 \text{ mol}$$

La masa del disolvente (agua) expresada en kg se obtiene gracias a la siguiente relación:

$$\begin{array}{l} 1\text{kg} \rightarrow 1000 \text{ g} \\ x \text{ kg} \rightarrow 20 \text{ g} \end{array}$$

Al despejar y resolver, se obtiene:

$$x = \frac{20 \text{ g} \cdot 1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,02 \text{ kg}$$

Paso 3. Reemplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$m = \frac{0,023 \text{ mol}}{0,02 \text{ kg}} = 1,15 \text{ mol/kg o } 1,15 \text{ } m$$

Paso 4. Interpretar para dar una respuesta.

Este valor nos indica que al disolver 2 g de NaHCO_3 en 0,02 kg de agua se obtendrá una disolución de concentración 1,15 *m*. ¿Qué efecto tendrá en la concentración si aumenta la cantidad de NaHCO_3 en igual volumen de disolución? Comenta con tus compañeros y compañeras.

c. Fracción molar (X)

Se define como la cantidad de sustancia (expresada en moles) de un componente en relación con el total de moles que componen la disolución (AB). Se expresa:

$$\text{Fracción molar del soluto: } X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

Donde:

X_A = Es la fracción molar del soluto sin unidades (adimensional).

n_A = Cantidad de sustancia del soluto expresada en mol.

$n_A + n_B$ = Cantidad de sustancia total de la disolución expresada en mol.

$$\text{Fracción molar del disolvente: } X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

Donde:

X_B = Es la fracción molar del disolvente sin unidades (adimensional).

n_B = Cantidad de sustancia del disolvente expresada en mol.

$n_A + n_B$ = Cantidad de sustancia total de la disolución expresada en mol.

EJERCICIO RESUELTO

Un estudiante prepara una disolución acuosa de nitrato de potasio (KNO_3) mezclando 30 g de la sal con 100 g de agua. ¿Cuál es la fracción molar del soluto y la del disolvente?

Paso 1. Datos:

Soluto = 30 g de KNO_3

Disolvente = 100 g de H_2O

Paso 2. Seleccionar las fórmulas, remplazar y resolver.

Para calcular la fracción molar del soluto y la del disolvente es necesario conocer la cantidad de sustancia de cada una de las especies participantes

según indican sus fórmulas $X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ y $X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$, para lo cual es necesario conocer la masa molar de cada compuesto.

La masa molar del H_2O y del KNO_3 es 18 g/mol y 101 g/mol, respectivamente.

Considerando la masa molar y la masa de cada compuesto, se calcula la cantidad de sustancia de cada componente expresada en mol:

Considerando la masa molar y la masa de cada compuesto, se calcula la cantidad de sustancia de cada componente expresada en mol:

Moles de agua (n_{H_2O})	Moles de nitrato de potasio (n_{KNO_3})
$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}}$ Al remplazar se obtiene: $n_{H_2O} = \frac{100 \text{ g}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,56 \text{ mol}$	$n_{KNO_3} = \frac{m_{KNO_3}}{M_{KNO_3}}$ Al remplazar se obtiene: $n_{KNO_3} = \frac{30 \text{ g}}{101 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,30 \text{ mol}$
La cantidad de sustancia total de la disolución es: $n_{\text{totales}} = n_{H_2O} + n_{KNO_3}$ Al remplazar se obtiene: $n_{\text{totales}} = 5,56 \text{ mol} + 0,30 \text{ mol} = 5,86 \text{ mol}$	

Por lo tanto, la fracción molar del disolvente (H_2O) y la del soluto (KNO_3) es:

Fracción molar del disolvente ($X_{\text{H}_2\text{O}}$)	Fracción molar del soluto (X_{KNO_3})
$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$ Al remplazar y resolver se obtiene: $X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5,56 \text{ mol}}{5,86 \text{ mol}} = 0,95$	$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ Al remplazar y resolver se obtiene: $X_{\text{KNO}_3} = \frac{0,30 \text{ mol}}{5,86 \text{ mol}} = 0,05$

Paso 3. Interpretar para dar una respuesta.

La fracción molar del KNO_3 es 0,05 y la fracción molar del H_2O es 0,95.

¿Qué puedes concluir acerca de los resultados obtenidos? Investiga por qué la fracción molar siempre es más pequeña que 1.

d. Partes por millón (ppm)

Se utiliza para expresar la concentración como las partes de masa de soluto que se encuentran en un millón de partes de masa de disolución. Se representa a través de la siguiente fórmula:

$$\text{ppm} = \frac{\text{masa de soluto}}{\text{masa de disolución}} \cdot 1\,000\,000$$

Esta unidad de concentración se emplea para representar concentraciones pequeñas o trazas de soluto. Se utiliza en disoluciones muy diluidas, por ejemplo, preparaciones biológicas o en el análisis de aguas.

EJERCICIO RESUELTO

Una muestra de 850 mL de agua contiene 3,5 mg de iones fluoruro (F^-).
¿Cuántas ppm de ion fluoruro hay en la muestra?

Paso 1. Los datos son:

Soluto = 3,5 mg

Disolvente = 850 mL de agua

Paso 2. Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita.

$$\text{ppm} = \frac{\text{masa de soluto}}{\text{masa de disolución}} \cdot 1\,000\,000$$

Es importante que trabajes solo con una unidad de medida. En este caso serán miligramos (mg).

Se convierten los 850 mL de agua a gramos (g) y luego a miligramos (mg). Considera que la densidad del agua es $d_{H_2O} = 1 \text{ g/mL}$. Por lo tanto, 850 mL equivalen a 850 g de agua.

Al convertir los 850 g de agua a mg, queda:

$$850 \text{ g} \cdot \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 850\,000 \text{ mg}$$

Paso 3. Remplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$\text{ppm} = \frac{3,5 \text{ mg}}{3,5 \text{ mg} + 850\,000 \text{ mg}} \cdot 1\,000\,000 = 4,12 \text{ ppm}$$

Paso 4. Interpretar para dar una respuesta.

El resultado indica que la concentración de iones fluoruro (F^-) en la muestra de agua es de 4,12 ppm.

Preparación de una disolución a partir de sus componentes

- Imagina que debes preparar 250 mL de una disolución acuosa de cloruro de sodio (NaCl) 1 M. Lo primero que debes hacer es calcular la masa de soluto. Para ello, debes tener presente que el soluto es el NaCl y el disolvente es el agua, y que la concentración señala que existe 1 mol de NaCl por cada litro de disolución

A partir de esta información, el primer problema teórico por resolver es el siguiente: ¿cuántos moles de NaCl existirán en los 250 mL de disolución que se desea preparar, de concentración 1 M? Este cuestionamiento se resuelve fácilmente al comprender que la molaridad entregada es una proporción (1 mol por cada 1 L o 1000 mL de disolución). Entonces, se puede establecer la siguiente relación:

c. Método de dilución

Se pueden preparar disoluciones diluidas a partir de disoluciones concentradas. Para ello se transfiere un volumen o masa de una disolución concentrada a un matraz aforado. Luego se diluye, agregando agua para obtener el volumen o masa final que se desea.

La fórmula para preparar una disolución utilizando este método es la siguiente:

$$\underbrace{M_i \cdot V_i}_{\substack{\text{moles de soluto} \\ \text{antes de la dilución}}} = \underbrace{M_f \cdot V_f}_{\substack{\text{moles de soluto} \\ \text{después de la dilución}}}$$

Donde:

M_i = Molaridad inicial de la disolución.

V_i = Volumen inicial de la disolución.

M_f = Molaridad final de la disolución.

V_f = Volumen final de la disolución.

Las características generales de toda dilución son:

V_i menor que V_f

M_i mayor que M_f

EJEMPLO 1

A 10 mL de una disolución acuosa de cloruro de sodio (NaCl) 5 M se le agregan 10 mL más de agua. ¿Cuál será la nueva concentración de la disolución?

Paso 1. Los datos son:

$$M_i = 5 \text{ M}$$

$$V_i = 10 \text{ mL}$$

$$M_f = x$$

$$V_f = 20 \text{ mL (10 mL originales y 10 mL de agua agregados).}$$

Paso 2. Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita.

$$M_i \cdot V_i = M_f \cdot V_f$$

Paso 3. Remplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$5 \text{ M} \cdot 0,01 \text{ L} = M_f \cdot 0,02 \text{ L}$$

$$M_f = \frac{5 \text{ M} \cdot 0,01 \cancel{\text{ L}}}{0,02 \cancel{\text{ L}}} = 2,5 \text{ M}$$

Paso 4. Interpretar para dar una respuesta.

Por lo tanto, al aumentar el volumen de la disolución al doble, la concentración inicial se diluye a la mitad.

EJEMPLO 1

A 10 mL de una disolución acuosa de cloruro de sodio (NaCl) 5 M se le agregan 10 mL más de agua. ¿Cuál será la nueva concentración de la disolución?

Estequiometría de reacciones químicas en disolución

- Una **reacción química** es un proceso por el cual una o más sustancias llamadas **reactantes** se transforman en una o más sustancias llamadas **productos**. Las reacciones químicas se representan simbólicamente por **ecuaciones químicas** utilizando símbolos o fórmulas para los reactantes y productos.

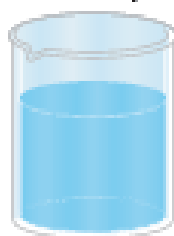
La finalidad del proceso de balance de ecuaciones químicas, es igualar la cantidad de átomos existentes en los reactantes y productos. Por ejemplo la ecuación química de la reacción entre el cinc metálico y el ácido clorhídrico nos entrega la siguiente información:

Reactantes			→	Productos		
$\text{Zn}_{(s)}$	+	$2\text{HCl}_{(ac)}$	→	$\text{ZnCl}_{2(ac)}$	+	$\text{H}_{2(ac)}$
1 átomo de Zn	+	2 (1 átomo de H) 2 (1 átomo de Cl)	→	1 (1 átomo de Zn) 1 (2 átomos de Cl)	+	1 (2 átomos de H)
1 mol de Zn	+	2 mol de HCl	→	1 mol de ZnCl_2	+	1 mol de H_2

Ecuación iónica en reacciones químicas en disolución acuosa

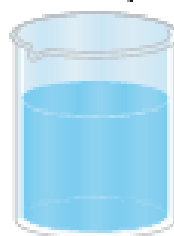
Observa la siguiente imagen que muestra la reacción entre el nitrato de plomo $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ y yoduro de potasio KI.

Nitrato de plomo



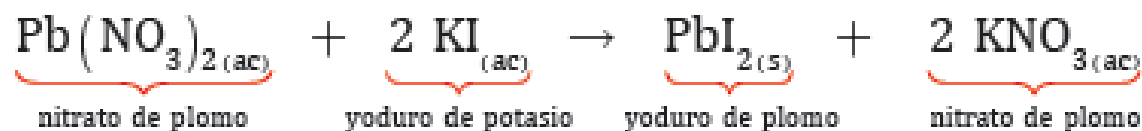
+

Yoduro de potasio



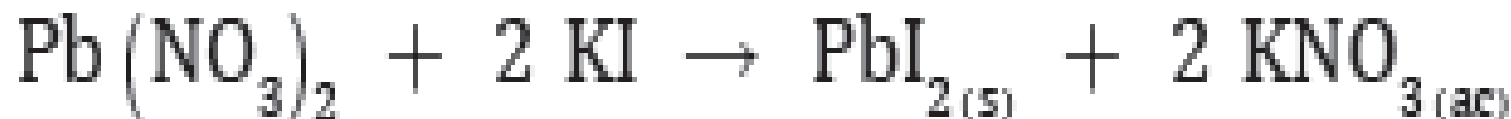
Yoduro de potasio

La ecuación que representa esta reacción es la siguiente:



Se puede representar mediante tres formas

- Ecuación molecular:



- **Ecuación iónica completa.** Muestra todas las especies disueltas como iones libres. Tomando el ejemplo de la reacción del nitrato de plata y yoduro de potasio, la ecuación iónica completa que lo representa es la siguiente.



- **Ecuación iónica neta.** Solo se incluyen los iones y moléculas que participan en la reacción. Se eliminan los **iones espectadores** (iones que no se ven implicados en la reacción global), quedando la ecuación par el nitrato de plomo más el yoduro de potasio sólido de color amarillo.



Ejercicios de repaso previo a la prueba

- Cuántos gramos de sal común debemos agregar a 40 g de agua para obtener una solución al 15 %p/p
- Cuántos gramos de agua debo disolver en 14 gr de sacarosa para obtener una solución de 7,5% p/p
- Calcular el porcentaje en volumen en una solución que se prepara con 70 ml de etanol y 250 ml de agua.

Si se tiene una disolución acuosa de ácido clorhídrico (HCl) 6M y se necesita preparar un litro de la misma disolución, pero de concentración 0,1 M, ¿qué cantidad del ácido se debe disolver?

- Una muestra de 950 mL de agua contiene 3,5 mg de iones fluoruro (F^-). ¿Cuántas ppm de ion fluoruro hay en la muestra? Calcular ppm
- Un estudiante prepara una disolución acuosa de nitrato de potasio (KNO_3) mezclando 40 g de la sal con 100 g de agua. ¿Cuál es la fracción molar del soluto y la del disolvente?
- ¿Cuál es la molalidad de una disolución preparada al mezclar 9 kg de agua como disolvente con 0,14 mol de ácido clorhídrico (HCl) como soluto?
- ¿Cuál es la molaridad de una disolución acuosa que contiene 5 moles de ácido clorhídrico o ácido muriático (HCl) en 3,5 L de disolución que será empleada en la limpieza de superficies metálicas y cerámicas?