

Soluciones

SUGERENCIA:

Antes de resolver ejercicios de la sección 2., responder primero los ítems de la Guía de Estudio relacionados con cada uno.

Salvo indicación en contrario, las soluciones descritas a partir de este capítulo son acuosas y están a una temperatura de 25 °C. Aproximación: en mezclas de líquidos considerar que los volúmenes son aditivos.

■ 1. Guía de Estudio

- Explicar qué interacciones intervienen en el proceso de disolución de una sustancia iónica y en el de una sustancia covalente en agua.
- Indicar cuáles son las formas más habituales de expresión de las concentraciones de soluciones acuosas y definir las mismas.
- Indicar qué datos son necesarios para convertir la concentración de una solución expresada como concentración molar (molaridad) en: a) $\%m/V$, b) $\%m/m$, c) molalidad.
- Indicar qué significa la expresión “ppm” y en qué casos suele utilizarse.
- Explicar qué relación existe entre la molaridad de una solución acuosa de un electrolito fuerte y las concentraciones de sus iones constituyentes.
- ¿Qué se entiende por “dilución” de una solución?
- Indicar si cuando se diluye una solución, la relación de las concentraciones de la solución diluida respecto de la concentrada y la relación de los volúmenes de la solución diluida respecto de la concentrada son mayores, menores o iguales a 1.

■ 2. Ejercicios

- 7.1 El bromuro de potasio ha sido utilizado para tratar distintos tipos de epilepsia. Se prepara una solución disolviendo 20,00 g de la sal en 500,0 g de agua. Calcular:
- a) la masa de la solución;
 - b) la concentración de la solución expresada en $\%m/m$.
- 7.2 La glucosa, $C_6H_{12}O_6$, es un hidrato de carbono fundamental para el metabolismo humano. Una solución parenteral (inyectable) de glucosa tiene una concentración de 20,0 $\%m/m$. Calcular:
- a) la masa de glucosa (expresada en gramos) disuelta en 1000 g de solución;
 - b) la masa de glucosa (expresada en gramos) disuelta en 1,00 kg de agua.
- 7.3 Se dispone de una solución de KCl 17,0 $\%m/m$. Calcular la masa de soluto y la masa de solvente que hay en 200 g de solución.
- 7.4 Una solución de NaBr contiene 116 g de la sal cada 100 g de agua. Expresar esta composición como $\%m/m$.
- 7.5 Se prepara una solución disolviendo 5,00 g de KI en agua suficiente para obtener 250 mL de solución. Calcular su concentración expresada en $\%m/V$.
- 7.6 Ciertas patologías requieren la administración de soluciones parenterales (sueros) que contienen nutrientes, electrolitos o fármacos. Un paciente necesita que le sean suministrados 100 g de glucosa en las siguientes 12 horas. Calcular el volumen, expresado en litros, de solución de glucosa 5,00 $\%m/V$ necesario para dicho propósito.
- 7.7 Calcular la masa de NaCl necesaria para preparar 250 mL de solución 2,00 M.
- 7.8 Calcular el volumen (expresado en litros) de solución de H_3PO_4 0,750 M que contiene 100 g del ácido.

- 7.9** Se requiere preparar 5,00 L de solución fisiológica de cloruro de sodio 0,900 %*m/V*.
a) Calcular qué masa de sal se necesita.
b) Calcular la molaridad de la solución.
- 7.10** Calcular la molalidad de una solución que contiene 5,85 g de NaCl disuelto en 250 g de agua.
- 7.11** Se desea preparar una solución 0,600 molal de KCl.
a) Calcular la cantidad de KCl que debe agregarse a 250 g de solvente para tal propósito.
b) Expresar la concentración en %*m/m*.
- 7.12** Se preparó una solución mezclando 30,0 g de NH₃ con 70,0 g de H₂O. La densidad de la solución a cierta temperatura es 0,982 g/mL. Calcular: a) la molalidad; b) la molaridad.
- 7.13** Se disuelven 14,2 g de Na₂SO₄ en 100 mL de agua destilada ($\rho = 1,00$ g/mL), obteniéndose 106 mL de solución. Calcular:
a) la molaridad de la solución; b) la densidad de la solución.
- 7.14** Calcular:
a) la masa de glucosa (C₆H₁₂O₆) necesaria para obtener 75,0 mL de solución acuosa 0,350 M.
b) el volumen de metanol (CH₃OH, $\rho = 0,792$ g/mL) necesario para obtener 2,25 L de solución acuosa 0,485 M.
- 7.15** La densidad del etanol (C₂H₅OH) acuoso 10,0 %*m/m* es 0,984 g/mL.
a) Calcular la molaridad de la solución.
b) ¿Qué volumen de solución contiene 0,125 moles de etanol?
- 7.16** Se tiene una solución de NaCl(aq) 3,87 %*m/m*. Una porción de 75,0 mL pesa 76,9 g. ¿Qué volumen de esta solución, expresado en litros, deben evaporarse hasta sequedad para obtener 725 kg de NaCl(s)?
- 7.17** Se tienen 500 cm³ de solución de H₂SO₄ 0,620 M, ($\rho = 1,032$ g/cm³). Expresar su concentración en: a) %*m/V*; b) %*m/m*.
- 7.18** Se dispone de una solución de un soluto dado cuya concentración es 25,0 %*m/V*. La densidad de la solución es 1,20 g/cm³. Calcular las masas de soluto y de solvente que hay en 1,50 kg de solución.
- 7.19** El ácido clorhídrico concentrado es una solución acuosa 38,0 %*m/m*, cuya densidad es 1,20 g cm⁻³. Calcular:
a) la masa de soluto presente en 0,0100 dm³ de solución;
b) la masa de solvente presente en 0,0100 dm³ de solución;
c) la molaridad de la solución.
- 7.20** El ácido sulfúrico se utiliza en la fabricación de papel, abonos, textiles, detergentes, colorantes, etc. En la industria el ácido sulfúrico se produce, por lo general, con una concentración de 98,0 %*m/m* y densidad 1,83 g/mL. Para este ácido concentrado, calcular:
a) su concentración molar;
b) el volumen de solución que contiene 120 g de ácido.
- 7.21** El *cognac* contiene etanol (C₂H₆O) con una concentración del 39,5 %*V/V*. Sabiendo que la densidad del etanol es 0,789 g/cm³, calcular su concentración molar en el *cognac*.

- 7.22** Se preparó una solución acuosa disolviendo 10,0 mL de C_2H_6O ($\rho = 0,789 \text{ g/mL}$) en un volumen suficiente de agua para obtener 100 mL de solución ($\rho = 0,982 \text{ g/mL}$). Calcular la concentración de C_2H_6O en la solución, expresada como: a) %V/V; b) %m/m; c) %m/V; d) molaridad.
- 7.23** Se dispone de dos frascos que contienen ácido nítrico (HNO_3). El frasco A contiene 100 mL de solución 40,0 %m/m ($\rho = 1,25 \text{ g/mL}$) y el frasco B contiene 250 mL de solución 25 %m/V. Determinar cuál de los frascos contiene:
a) la solución más concentrada. Justificar.
b) La cantidad mayor de soluto. Justificar.
- 7.24** ¿Cuál de las dos soluciones siguientes tiene la concentración más alta de sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$)?:
a) 46,0 %m/m, $\rho = 1,21 \text{ g/mL}$;
b) 1,50 M.
- 7.25** Completar la tabla siguiente.

Solución de:	Molalidad	%m/m	x_{st}
NaI	0,150		
CH_3CH_2OH		5,00	
$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,150		

- 7.26** Escribir la ecuación química balanceada para la disociación de los electrolitos fuertes siguientes en agua: a) KCl; b) $CaCl_2$; c) K_3PO_4 ; d) $Fe(NO_3)_3$.
- 7.27** Se preparan tres soluciones acuosas de concentración 0,100 M usando respectivamente los solutos siguientes: a) KCl, b) $MgCl_2$ y c) Na_2S . Calcular, para cada una de ellas, las concentraciones molares de aniones y de cationes.
- 7.28** Ordenar las soluciones siguientes en forma creciente de concentración de iones sodio: a) Na_2SO_4 0,100 M; b) NaCl 0,150 M; c) Na_3PO_4 0,0800 M.
- 7.29** Se dispone de una solución de $CaBr_2$ 2,00 %m/V. Expresar la concentración de la solución como %m/V de aniones bromuro y de cationes calcio.
- 7.30** Se tiene una solución de $Ba(NO_3)_2$ 5,22 %m/V. Calcular la concentración molar de iones nitrato en dicha solución.
- 7.31** La hipokalemia es un desequilibrio electrolítico consistente en la disminución de la concentración de iones potasio en sangre. Esto puede ocurrir por pérdida de líquidos corporales, como por ejemplo, al realizar una actividad física prolongada con gran sudoración, lo cual puede provocar calambres, fatiga muscular y otros trastornos. Para evitarlo, los deportistas suelen hidratarse con una bebida que contiene un alto contenido de electrolitos. La etiqueta de dicha bebida informa que una porción de 240 mL contiene 110 mg de cationes sodio y 30,0 mg de cationes potasio. Calcular las concentraciones de ambos iones en dicha bebida, expresadas en mmol/L.

La concentración normal de cationes sodio en sangre es de aproximadamente 140 mmol/L y la de cationes potasio es de 4 mmol/L.

Cuando se trabaja con soluciones acuosas muy diluidas, la concentración expresada en mg/L es casi equivalente a la denominada “partes por millón” (ppm), ya que la densidad de la solución es aproximadamente igual a la del agua.

- 7.32** La Organización Mundial de la Salud (OMS) fijó en el año 2010 una concentración máxima permitida de catión Pb^{2+} de 0,0100 mg/L en los cursos de agua destinados a consumo humano. Una industria ubicada a orillas de un lago cuyo volumen de agua es de $1,00 \times 10^{10} \text{ L}$ dejó abandonado un tambor que contenía 200 kg de nitrato de plomo(II). Calcular cuál sería la concentración de Pb^{2+} , expresada en mg/L, que se alcanzaría si todo el contenido del tambor se disolviese en el lago. Indicar si, en tal caso, el agua del lago sería apta para consumo humano.

- 7.33** Calcular la masa de Na_2SO_4 que hay disuelta en $1,25 \text{ dm}^3$ de solución, si $[\text{Na}^+] = 0,0200 \text{ M}$.
- 7.34** Se desean preparar 1000 cm^3 de solución $0,150 \text{ M}$ de KOH , diluyendo una solución $0,750 \text{ M}$ del mismo soluto.
a) Calcular el volumen necesario de la solución concentrada.
b) Describir cómo se prepararía en un laboratorio la solución diluida.
- 7.35** En el laboratorio se dispone de una solución de KMnO_4 $0,250 \text{ M}$ y se necesitan 500 mL de una solución $0,632 \text{ } \text{g}/\text{mL}$.
a) Indicar cómo se podría proceder para obtener la solución requerida.
b) Calcular qué cantidad de soluto contiene la solución diluida.
c) Calcular qué cantidad de soluto contiene $1,00 \text{ L}$ de solución diluida.
- 7.36** a) Un volumen de $10,00 \text{ mL}$ de solución $2,05 \text{ M}$ de KNO_3 se diluyó hasta $250,0 \text{ mL}$. ¿Cuál es la concentración molar de la solución diluida?
b) Un volumen de $25,00 \text{ mL}$ de HCl(aq) se diluyó hasta $500,0 \text{ mL}$ obteniendo una solución $0,0850 \text{ M}$. ¿Cuál era la molaridad de la solución original?
- 7.37** Se desea diluir un volumen de $700,0 \text{ mL}$ de una solución de $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ $0,1208 \text{ M}$ para obtener una solución $0,1000 \text{ M}$. ¿Qué volumen de agua es necesario añadir a la solución concentrada?
- 7.38** Se agregó agua a una solución concentrada de H_3PO_4 hasta quintuplicar su volumen. Se obtuvieron así $0,750 \text{ L}$ de $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$ $0,150 \text{ M}$. Calcular para la solución inicial:
a) el volumen utilizado, expresado en cm^3 ;
b) la masa de soluto que contiene;
c) la concentración, expresada en g/mL .
- 7.39** Se preparan $0,500 \text{ L}$ de una solución diluida a partir de $5,00 \text{ cm}^3$ de una solución de H_2SO_4 concentrado ($\rho = 1,84 \text{ g}/\text{cm}^3$; $98,0 \text{ } \text{g}/\text{g}$). Calcular la concentración en g/mL de la solución diluida.
- 7.40** Se diluye 10 veces un volumen de una solución de CuSO_4 $18,0 \text{ } \text{g}/\text{g}$ ($\rho = 1,206 \text{ g}/\text{cm}^3$), obteniéndose 250 cm^3 de solución. Calcular:
a) la concentración molar de la solución diluida;
b) la relación de los volúmenes de la solución diluida respecto de la solución concentrada;
c) la relación de las concentraciones molares de la solución diluida respecto de la solución concentrada.
- 7.41** Calcular el volumen de una solución de H_2SO_4 $13,0 \text{ } \text{g}/\text{g}$ ($\rho = 1,06 \text{ g}/\text{mL}$) que se requiere para preparar:
a) $0,250 \text{ kg}$ de solución $2,00 \text{ } \text{g}/\text{g}$;
b) $0,150 \text{ dm}^3$ de solución $0,100 \text{ M}$.
- 7.42** Un frasco contiene 330 mL de una solución de ácido nítrico cuya densidad es $\rho = 1,193 \text{ g}/\text{cm}^3$. Se le agrega agua hasta un volumen de $1,00 \text{ dm}^3$, obteniéndose una solución cuya concentración es $2,00 \text{ M}$. Calcular la concentración de la solución de partida, expresada en g/g .
- 7.43** El ácido fosfórico se utiliza para facilitar la adherencia a la superficie dental de los adhesivos, en la fabricación de gaseosas, de fertilizantes, etc. Se diluye una porción de una solución de ácido fosfórico (H_3PO_4) comercial $85,0 \text{ } \text{g}/\text{g}$ por agregado de agua hasta un volumen de 100 cm^3 . Se obtiene una solución $14,0 \text{ } \text{g}/\text{g}$ cuya densidad es $1,08 \text{ g}/\text{cm}^3$. Calcular la masa de la porción del ácido comercial utilizada.

La notación $[X]$ es una forma habitual abreviada que significa “concentración de X ”, expresada en mol/L .

$$[X] \equiv c_X = \frac{n_X}{V}, \quad V \text{ en L (o } \text{dm}^3\text{)}$$

- 7.44** Se diluyen 250 cm³ de una solución de CuSO₄ 0,740 %m/V hasta un volumen final de 2,00 dm³. Calcular:
- la masa de soluto en la solución concentrada;
 - la molaridad de la solución final;
 - la concentración en mmol/L de los iones Cu(II) en la solución original.
- 7.45** Dada una solución de FeCl₃ 3,00 %m/V, se quieren preparar 250 mL de una solución 0,100 M. Calcular:
- el volumen necesario de la solución concentrada;
 - la concentración, expresada en mol/L, de iones cloruro en la solución diluida.

■ 3. Respuestas seleccionadas

- 7.1:** a) 520,0 g; b) 3,846 %m/m.
7.2: a) 200 g; b) 250 g.
7.3: 34,0 g y 166 g, respectivamente.
7.4: 53,7 %m/m.
7.5: 2,00 %m/V.
7.6: 2,00 L.
7.7: 29,3 g.
7.8: 1,36 L.
7.9: a) 45,0 g; b) 0,154 M.
7.10: 0,400 molal.
7.11: a) 0,150 mol; b) 4,28 %m/m.
7.12: a) 25,2 m; b) 17,3 M.
7.13: a) 0,943 M; b) $\rho = 1,08 \text{ g/cm}^3$.
7.14: a) 4,73 g; b) 44,1 mL.
7.15: a) 2,13 M; b) 58,7 mL.
7.16: $1,83 \times 10^4 \text{ L}$.
7.17: a) 6,08 %m/V; b) 5,89 %m/m.
7.18: 313 g y 1,19 kg, respectivamente.
7.19: a) 4,56 g; b) 7,44 g; c) 12,5 M.
7.20: a) $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 18,3 \text{ M}$; b) 66,9 mL.
7.21: 6,78 M.
7.22: a) 10,0%; b) 8,03%; c) 7,89%; d) 1,71 M.
7.23: a) frasco A; b) frasco B.
7.24: La solución de 46,0 %m/m.
7.25:

Solución de:	Molalidad	%m/m	x_{st}
NaI	0,150	2,20	$2,69 \times 10^{-3}$
CH ₃ CH ₂ OH	1,15	5,00	0,0202
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,150	4,88	$2,69 \times 10^{-3}$

- 7.26:** a) $\text{KCl(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$; b) $\text{CaCl}_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$;
 c) $\text{K}_3\text{PO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 3\text{K}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$; d) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{NO}_3^-(\text{aq})$.
7.27: a) $[\text{Cl}^-] = [\text{K}^+] = 0,100 \text{ M}$; b) $[\text{Cl}^-] = 0,200 \text{ M}$, $[\text{Mg}^{2+}] = 0,100 \text{ M}$; c) $[\text{S}^{2-}] = 0,100 \text{ M}$, $[\text{Na}^+] = 0,200 \text{ M}$.
7.28: b) < a) < c).
7.29: anión: 1,60 %m/V; catión: 0,400 %m/V.
7.30: 0,400 M.
7.31: $[\text{Na}^+] = 19,9 \text{ mmol/L}$; $[\text{K}^+] = 3,20 \text{ mmol/L}$.
7.32: 0,0125 mg/L. No apta.
7.33: 1,78 g.
7.34: a) 200 cm³; b) medir 200 cm³ de la solución concentrada y agregar agua hasta 1,00 L.

7.35: a) a 80,0 mL de solución concentrada se agrega agua hasta un volumen de 500 mL; b) 0,0200 mol; c) 0,0400 mol.

7.36: a) 0,082 M; b) 1,70 M.

7.37: 145,6 mL.

7.38: a) 150 cm³; b) 11,0 g; c) 7,35 %m/V.

7.39: 1,80 %m/V.

7.40: a) 0,136 M; b) 10,0; c) 1/10.

7.41: a) 36,3 cm³; b) 10,7 cm³.

7.42: 32,0 %m/m.

7.43: 17,8 g.

7.44: a) 1,85 g; b) $5,80 \times 10^{-3}$ M; c) 46,4 mmol/L.

7.45: a) 135 cm³; b) 0,300 M.