



2) Problema de Examen: Preparación e Interpretación de la Solución

Se desea preparar 1 litro de solución nutritiva. La solución debe contener las siguientes concentraciones iónicas:

- 14 mmol/L de NO_3^-
- 7 mmol/L de K^+
- 4 mmol/L de Ca^{2+}
- 2 mmol/L de Mg^{2+}
- 1 mmol/L de H_2PO_4^-
- 2 mmol/L de SO_4^{2-}

Sales disponibles:

- 1) KNO_3
- 2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- 3) KH_2PO_4
- 4) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

PESOS ATÓMICOS (g/mol):

K = 39.10, N = 14.01, O = 16.00, Ca = 40.08, H = 1.01, P = 30.97, Mg = 24.31, S = 32.07

APARTADOS:

- a) Calcule los mmol/L de cada sal necesarios. (4 puntos).
- b) Calcule los mg/L de cada sal necesarios. (4 puntos).
- c) Calcule los meq/L de aniones y cationes y verifique el balance eléctrico. (4 puntos).
- d) Estime la CE teórica justificando la coherencia con la solución Hoagland estándar. (3 puntos).

Solución Detallada – Problema de la Solución Hoagland

a) Cálculo de mmol/L de cada sal

Disociación de sales:

- $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{NO}_3^-$
- $\text{KH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$
- $\text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$

Sistema de ecuaciones:

- 1) NO_3^- : $\text{KNO}_3 + 2 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 14$
- 2) K^+ : $\text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4 = 7$
- 3) Ca^{2+} : 4 mmol/L
- 4) H_2PO_4^- : 1 mmol/L
- 5) Mg^{2+} : 2 mmol/L

Sustitución:

- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 4 \rightarrow$ aporta 8 mmol NO_3^-
- $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 1 \rightarrow$ aporta 1 mmol K^+
- $\text{MgSO}_4 = 2$

Cálculo:

$$\text{KNO}_3 + 8 = 14 \rightarrow \text{KNO}_3 = 6 \text{ mmol/L}$$

RESULTADOS:

- $\text{KNO}_3 = 6 \text{ mmol/L}$
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 4 \text{ mmol/L}$
- $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 1 \text{ mmol/L}$
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 2 \text{ mmol/L}$

b) Conversión a mg/L

Masas molares:

$$\text{KNO}_3 = 101.1 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 236.2 \text{ g/mol}$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 = 136.1 \text{ g/mol}$$

$$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 246.5 \text{ g/mol}$$

Cálculos:

- KNO_3 : $6 \text{ mmol} \times 101.1 \text{ mg} = 606.6 \text{ mg/L}$
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: $4 \text{ mmol} \times 236.2 \text{ mg} = 944.8 \text{ mg/L}$
- KH_2PO_4 : $1 \text{ mmol} \times 136.1 \text{ mg} = 136.1 \text{ mg/L}$
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: $2 \text{ mmol} \times 246.5 \text{ mg} = 493 \text{ mg/L}$

c) Cálculo de meq/L y balance eléctrico

Cationes:

$$\text{K}^+: 7 \text{ mmol} \times 1 = 7 \text{ meq/L}$$

$$\text{Ca}^{2+}: 4 \text{ mmol} \times 2 = 8 \text{ meq/L}$$

$$\text{Mg}^{2+}: 2 \text{ mmol} \times 2 = 4 \text{ meq/L}$$

$$\text{TOTAL CATIONES} = 19 \text{ meq/L}$$

Aniones:

$$\text{NO}_3^-: 14 \text{ mmol} \times 1 = 14 \text{ meq/L}$$

$$\text{H}_2\text{PO}_4^-: 1 \text{ mmol} \times 1 = 1 \text{ meq/L}$$

$$\text{SO}_4^{2-}: 2 \text{ mmol} \times 2 = 4 \text{ meq/L}$$

$$\text{TOTAL ANIONES} = 19 \text{ meq/L}$$

La solución está eléctricamente balanceada.

d) Estimación de la CE

Fórmula aproximada:

$$\text{CE (dS/m)} \approx \Sigma(\text{meq/L}) / 10$$

Cálculo:

$$\Sigma(\text{meq/L}) = 19 \rightarrow \text{CE} \approx 19/10 = 1.9 \text{ dS/m}$$

La solución Hoagland estándar muestra $\text{CE} \approx 2.2\text{--}2.5 \text{ dS/m}$. La fórmula aproximada tiende a infraestimar, pero el resultado es coherente.

Rúbrica de Corrección – Problema Hoagland

Apartado	Criterios de corrección
a) Cálculo de mmol/L de cada sal	• Identificación correcta de ecuaciones iónicas (1 p) • Valores correctos: $\text{KNO}_3 = 6 \text{ mmol/L}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 4 \text{ mmol/L}$, $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 1 \text{ mmol/L}$, $\text{MgSO}_4 = 2 \text{ mmol/L}$ (3 p)
b) Conversión a mg/L	• Uso correcto de masas molares (1 p) • Resultados correctos: 606.6 mg, 944.8 mg, 136.1 mg, 493 mg (3 p)
c) Balance eléctrico	• Cálculo correcto: cationes = 19 meq/L, aniones = 19 meq/L (2 p) • Interpretación adecuada del balance (2 p)
d) Cálculo de CE	• Fórmula: $\text{CE} \approx \Sigma(\text{meq/L}) / 10$ (2 p) • Resultado correcto $\approx 1.9 \text{ dS/m}$ y justificación (1 p)