



## QUÍMICA

### OPCIÓN A

#### 1. (2,5 puntos)

Dispone de los pares redox ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ ) y ( $\text{Ag}^+/\text{Ag}$ ), cuyos potenciales estándar de reducción en medio ácido son, respectivamente, + 1,33 y + 0,80 V. Con ellos construye una pila voltaica:

- Escriba las ecuaciones químicas ajustadas para las semirreacciones de reducción, de oxidación y para la reacción global que tiene lugar en la pila voltaica. **(1,25 puntos)**
- Indique la semirreacción que ocurre en el ánodo y la que ocurre en el cátodo, así como el sentido en el que fluyen los electrones en la pila. Calcule el potencial estándar de la pila. **(1,25 puntos)**

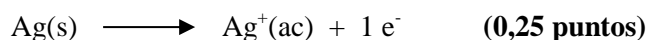
#### Solución:

- Reacción de reducción: la que presente el potencial estándar de reducción más alto. **(0,25 puntos)**



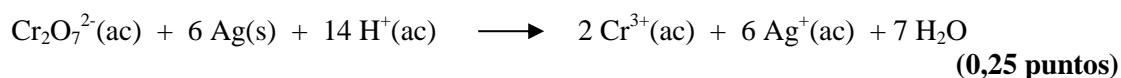
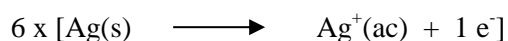
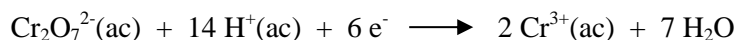
**Si sólo escribe correctamente la ecuación. (0,5 puntos)**

Reacción de oxidación: la que presente el potencial estándar de reducción más bajo. **(0,25 puntos)**



**Si sólo escribe correctamente la ecuación. (0,5 puntos)**

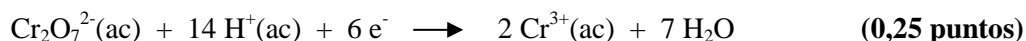
Reacción global:



- En el ánodo tiene lugar la reacción de oxidación:



En el cátodo tiene lugar la reacción de reducción:



Los electrones en la pila fluyen del ánodo al cátodo. **(0,25 puntos)**

$$E^\circ = E^\circ(\text{cátodo}) - E^\circ(\text{ánodo}) = + 1,33 - 0,80 = + 0,53 \text{ V} \quad \text{(0,25 puntos)}$$



## 2. (2,5 puntos)

En el proceso metalúrgico de obtención de hierro en el alto horno, se produce la reacción de  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  con  $\text{CO}(\text{g})$  para formar  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$  y  $\text{CO}_2(\text{g})$ .

- Calcule la entalpía estándar de la reacción. Indique si es un proceso endotérmico o exotérmico. **(1,5 puntos)**
- Calcule la cantidad de energía involucrada en la formación de 500 kg de  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$  y los moles de  $\text{CO}_2(\text{g})$  que se forman. **(1,0 punto)**

**Datos:**  $\Delta H^\circ_f[\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})] = -824,2 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H^\circ_f[\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})] = -1118 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H^\circ_f[\text{CO}(\text{g})] = -110,5 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H^\circ_f[\text{CO}_2(\text{g})] = -393,5 \text{ kJ/mol}$ . Masas atómicas: Fe = 55,85 u; O = 16 u.

### Solución:

- Reacción:  $3 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  **(0,5 puntos)**

**Si no indican los estados de agregación de las sustancias se restan 0,25 puntos.**

$$\Delta H_{\text{reacción}} = \sum n \Delta H^\circ_f(\text{productos}) - \sum m \Delta H^\circ_f(\text{reactivos}) \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_{\text{reacción}} = 2 \Delta H^\circ_f[\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})] + \Delta H^\circ_f[\text{CO}_2(\text{g})] - 3 \Delta H^\circ_f[\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})] - \Delta H^\circ_f[\text{CO}(\text{g})] \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_{\text{reacción}} = 2(-1118) + (-393,5) - 3(-824,2) - (-110,5) = -2236 - 393,5 + 2472,6 + 110,5$$

$$\Delta H_{\text{reacción}} = -46,4 \text{ kJ} \quad \text{(0,25 puntos). Si indican que las unidades del resultado son kJ/mol 0 (cero) puntos.}$$

Es una reacción exotérmica **(0,25 puntos)**

- 

$$500000 \text{ g Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) \times \frac{1 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4(\text{s})}{231,55 \text{ g Fe}_3\text{O}_4(\text{s})} = 2159,36 \text{ moles Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$2159,36 \text{ moles Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) \times \frac{(-46,4 \text{ kJ})}{2 \text{ moles Fe}_3\text{O}_4} = -50097,2 \text{ kJ} \quad \text{(0,5 puntos)}$$

**Si no ponen el signo (-) se contabilizan (0,25 puntos)**

$$2159,36 \text{ moles Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) \times \frac{1 \text{ mol CO}_2(\text{g})}{2 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4} = 1079,68 \text{ moles CO}_2(\text{g}) \quad \text{(0,25 puntos)}$$



**3. (1,0 punto)**

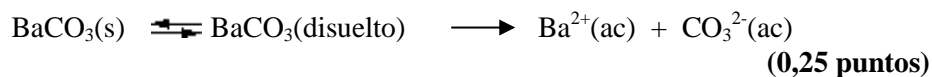
En un tubo de ensayo se vierten 5 mL de disolución acuosa de cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) y, a continuación, gotas de disolución acuosa de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) hasta la formación de un precipitado claramente visible. Escriba la fórmula química del compuesto que precipita. Una vez formado el precipitado, se añade gota a gota una disolución acuosa de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ). Indique y explique el cambio que se observa en el tubo de ensayo.

**Solución:**

Se formará un precipitado de carbonato de bario:  $\text{BaCO}_3(\text{s})$  **(0,25 puntos)**

Al añadir ácido clorhídrico se observará la disolución del precipitado de  $\text{BaCO}_3$  **(0,25 puntos)**

En la disolución tenemos el equilibrio de solubilidad:



Adición de ácido ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) que reacciona con el  $\text{CO}_3^{2-}(\text{ac})$  para dar  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{ac})$  que es  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ .

El  $\text{CO}_2(\text{g})$  se desprende y el equilibrio de solubilidad se desplaza hacia la derecha, hacia la disolución del precipitado. **(0,25 puntos)**



#### 4. (2,0 puntos)

- A. Escriba las configuraciones electrónicas de los siguientes átomos e iones: X ( $Z = 35$ ),  $X^-$ , Y ( $Z = 38$ ),  $Y^{2+}$ . Indique el grupo y período de la tabla periódica a los que pertenece cada uno de los elementos. **(1,0 punto)**

#### Solución:

Configuraciones electrónicas:

X ( $Z = 35$ )       $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$       Grupo 17 (VIIA)      Período 4      **(0,25 puntos)**

$X^-$        $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$       **(0,25 puntos)**

Y ( $Z = 38$ )       $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^2$       Grupo 2 (IIA)      Período 5      **(0,25 puntos)**

$Y^{2+}$        $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$       **(0,25 puntos)**

**Las dos configuraciones electrónicas (átomo e ión en cada caso) bien (0,25 puntos).  
El grupo y período, en cada caso, bien (0,25 puntos).**

- B. Las moléculas de  $NH_3$  y  $BF_3$  presentan las geometrías de pirámide trigonal y triangular plana, respectivamente. Indique, de forma razonada, cuál de los dos compuestos será más soluble en agua. **(1,0 punto)**

#### Solución:

La molécula de  $NH_3$  es polar, porque:

- Los enlaces N – H son polares debido a que el N es más electronegativo que el H y en la geometría de pirámide trigonal, las polaridades de los enlaces individuales no se anulan.
- Existe un par de electrones no compartido, lo que hace que la molécula sea polar.
- El amoníaco forma enlaces de hidrógeno.

Si ponen que la molécula es polar y dan una de las tres razones. **(0,25 puntos)**

En la molécula de  $BF_3$  los enlaces B – F son polares debido a que el flúor es más electronegativo que el boro. En la geometría plana triangular las polaridades de los enlaces individuales (que son iguales) se anulan, por lo que la molécula de  $BF_3$  es no polar. **(0,25 puntos)**

En un disolvente polar, como el agua, un compuesto polar es más soluble que uno no polar. **(0,25 puntos)**

Por tanto, el  $NH_3$  será más soluble en agua que el  $BF_3$ . **(0,25 puntos)**



5. (2,0 puntos)

- A. Indique, de forma razonada, el carácter ácido, básico o neutro de una disolución acuosa de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .  
**Dato:**  $K_a(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$ . (1,0 punto)

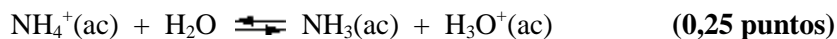
**Solución:**

En disolución acuosa, el  $\text{NH}_4\text{Cl}$  genera aniones  $\text{Cl}^-(\text{ac})$  y cationes  $\text{NH}_4^+(\text{ac})$

**Si sólo ponen:**  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{ac}) \longrightarrow \text{NH}_4^+(\text{ac}) + \text{Cl}^-(\text{ac})$  (0,25 puntos)

El  $\text{Cl}^-(\text{ac})$  procede de un ácido fuerte, por lo que se comporta como una base muy débil que no reacciona con el agua. (0,25 puntos)

El catión  $\text{NH}_4^+(\text{ac})$  procede de una base débil, por lo que se comporta como un ácido relativamente débil que reacciona con el agua. (0,25 puntos)

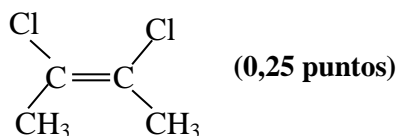


La disolución tendrá carácter ácido. (0,25 puntos)

**Si sólo ponen la reacción de hidrólisis y que la disolución tendrá carácter ácido.**  
(0,75 puntos)

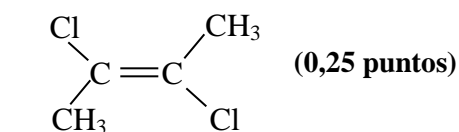
- B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas y nombre los isómeros geométricos del compuesto 2,3-dicloro-2-buteno. (1,0 punto)

**Solución:**



Cis-2,3-dicloro-2-buteno

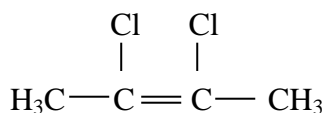
(0,25 puntos)



Trans-2,3-dicloro-2-buteno

(0,25 puntos)

**Si sólo pone**



(0,25 puntos)



**OPCIÓN B**

**1. (2,5 puntos)**

- i. Calcule la molaridad inicial de una disolución acuosa de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , cuyo pH es 2,5. **(1,5 puntos)**
- ii. Calcule el volumen de disolución acuosa 1,5 M de NaOH que se necesita para neutralizar, exactamente, 250 mL de la disolución acuosa de ácido acético del apartado anterior. **(1,0 punto)**

**Dato:**  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \times 10^{-5}$ .

**Solución:**

- i. Equilibrio de disociación del ácido acético:

	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{ac}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$		<b>(0,25 puntos)</b>
Inicial (M)	$c_i$	--	--
Reaccionan	- x	+ x	+ x
Equilibrio	$c_i - x$	+ x	+ x

$$K_a = \frac{x^2}{c_i - x} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad \text{pH} = 2,5 \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,16 \times 10^{-3} \text{ M}$$

**(0,25 puntos)**

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,16 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$1,8 \times 10^{-5} = \frac{(3,16 \times 10^{-3})^2}{c_i - 3,16 \times 10^{-3}}$$

$$c_i = 0,56 \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- ii. Reacción de neutralización:



$$0,25 \text{ L disolución } \text{CH}_3\text{COOH} \times \frac{0,56 \text{ moles } \text{CH}_3\text{COOH}}{1 \text{ L disolución } \text{CH}_3\text{COOH}} = 0,14 \text{ moles } \text{CH}_3\text{COOH}$$

**(0,25 puntos)**

0,14 moles de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  necesitan 0,14 moles de NaOH para neutralización exacta. **(0,25 puntos)**

$$0,14 \text{ moles NaOH} \times \frac{1 \text{ L disolución NaOH}}{1,5 \text{ moles de NaOH}} = 0,093 \text{ L disolución de NaOH}$$

**(0,25 puntos)**



**2. (2,5 puntos)**

La reacción:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$  tiene una  $K_C = 50,2$ , a  $445^\circ\text{C}$ . En un recipiente de  $3,5 \text{ L}$ , en el que previamente se ha realizado el vacío, se introducen  $0,30 \text{ g}$  de  $\text{H}_2(\text{g})$ ,  $38,07 \text{ g}$  de  $\text{I}_2(\text{g})$  y  $19,18 \text{ g}$  de  $\text{HI}(\text{g})$  a  $445^\circ\text{C}$ . Calcule las concentraciones de  $\text{H}_2(\text{g})$ ,  $\text{I}_2(\text{g})$  y  $\text{HI}(\text{g})$  en el equilibrio.

**Datos:** Masas atómicas  $\text{H} = 1 \text{ u}$ ;  $\text{I} = 126,9 \text{ u}$ .

**Solución:** Cálculo de los moles iniciales:

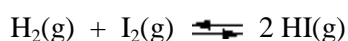
$$n[\text{H}_2(\text{g})]_i = \frac{0,30 \text{ g}}{\frac{2 \text{ g}}{\text{mol}}} = 0,15 \text{ moles de } \text{H}_2(\text{g})$$

$$n[\text{I}_2(\text{g})]_i = \frac{38,07 \text{ g}}{253,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,15 \text{ moles de } \text{I}_2(\text{g})$$

$$n[\text{HI}(\text{g})]_i = \frac{19,18 \text{ g}}{127,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,15 \text{ moles de } \text{HI}(\text{g})$$

**(0,25 puntos)**

**Si no calculan bien los tres valores (0 puntos)**



$$Q_C = \frac{[\text{HI}]_i^2}{[\text{H}_2]_i [\text{I}_2]_i} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$Q_C = \frac{\left(\frac{0,15}{3,5}\right)^2}{\left(\frac{0,15}{3,5}\right)\left(\frac{0,15}{3,5}\right)} = 1$$

$Q_C < K_C$  **(0,25 puntos)**

El sistema no está en equilibrio en las condiciones iniciales. Para alcanzar el equilibrio debe evolucionar hacia la formación de  $\text{HI}(\text{g})$ . **(0,25 puntos)**

	$\text{H}_2(\text{g})$	+	$\text{I}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{HI}(\text{g})$	
Inicial(moles)	0,15		0,15		0,15	
Reaccionan	- x		- x		+ 2x	<b>(0,25 puntos)</b>
Equilibrio	$0,15 - x$		$0,15 - x$		$0,15 + 2x$	<b>(0,25 puntos)</b>

$$K_C = \frac{[\text{HI}]_{\text{eq}}^2}{[\text{H}_2]_{\text{eq}} [\text{I}_2]_{\text{eq}}} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$K_C = \frac{\left(\frac{0,15+2x}{3,5}\right)^2}{\left(\frac{0,15-x}{3,5}\right)\left(\frac{0,15-x}{3,5}\right)} = 50,2$$

**(0,25 puntos)**

$x = 0,1 \text{ moles}$  **(0,25 puntos)**

$$[\text{H}_2]_{\text{eq}} = \frac{0,15-0,1}{3,5} = 0,014 \text{ M}$$

$$[\text{I}_2]_{\text{eq}} = \frac{0,15-0,1}{3,5} = 0,014 \text{ M}$$

$$[\text{HI}]_{\text{eq}} = \frac{0,15+0,2}{3,5} = 0,1 \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$



**3. (1 punto)**

En un tubo de ensayo se colocan unos cristales de  $\text{KMnO}_4(\text{s})$  y se añaden 5 mL de un disolvente orgánico no polar. Indique y justifique la observación realizada. A continuación se añaden en el mismo tubo 5 mL de agua, se agita la mezcla y se deja reposar hasta que se separen dos fases. Indique y justifique la coloración que presenta cada una de las fases.

**Solución:**

Al añadir un disolvente orgánico no polar (tolueno) sobre los cristales de  $\text{KMnO}_4(\text{s})$  no se apreciarán cambios significativos **(0,25 puntos)**. El  $\text{KMnO}_4(\text{s})$  es un compuesto iónico (polar) que no se disuelve de manera apreciable en un disolvente no polar como el tolueno **(0,25 puntos)**.

Al añadir agua, agitar y dejar reposar, se observarán dos fases: una orgánica (tolueno) no coloreada, y otra fase acuosa, fuertemente coloreada (violeta intenso) **(0,25 puntos)**. El  $\text{KMnO}_4$  (polar) se disuelve en extensión apreciable en un disolvente polar como el agua **(0,25 puntos)**.





4. (2,0 puntos)

A. Indique el valor, o valores, posibles para cada uno de los números cuánticos que faltan. Justifique la respuesta.

i.  $n = 3, l = ?, m_l = 2$

ii.  $n = ?, l = 2, m_l = 1$

iii.  $n = 4, l = 2, m_l = ?$

iv.  $n = ?, l = 0, m_l = ?$  **(1,0 punto)**

**Solución:**

i. Para  $n = 3$ ,  $l$  puede tomar los valores 0, 1 y 2. Puesto que  $m_l = 2$  y este número varía entre  $-l$  y  $+l$  pasando por cero, necesariamente  **$l = 2$** . **(0,25 puntos)**

ii. Dado que los valores de  $l$  van desde 0 a  $n-1$ , si  $l = 2$ ,  **$n$  debe tener un valor de 3 o superior.** **(0,25 puntos)**

**Si contestan que 3 se considera correcta la respuesta.**

iii. Los valores de  $m_l$  varían desde  $-l$  a  $+l$  pasando por cero. Luego los valores posibles de  $m_l$  son  **$-2, -1, 0, +1, +2$** . **(0,25 puntos)**

iv. Para  $l = 0$ , necesariamente  **$m_l = 0$** . Puesto que los valores de  $l$  varían desde 0 a  $n - 1$ ,  **$n$  debe tener un valor igual o superior a 1.** **(0,25 puntos)**

B. Para la reacción  $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{PCl}_5(\text{g})$   $\Delta H^\circ_{\text{R}} = -87,9 \text{ kJ/mol}$ . Indique, de forma razonada, las condiciones de temperatura (alta o baja) en las que es posible realizar la reacción.

**(1,0 punto)**

**Solución:**

$$\Delta H^\circ < 0$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta S^\circ < 0 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Para que la reacción tenga lugar  $\Delta G^\circ < 0$  **(0,25 puntos)**

Por tanto hay que utilizar bajas temperaturas de manera que el valor de  $-T \Delta S^\circ$  no supere el valor de  $\Delta H^\circ$ . **(0,25 puntos)**



5. (2,0 puntos)

- A. Indique si el  $\text{Cr}^{3+}(\text{ac})$  reducirá al  $\text{MnO}_4^- (\text{ac})$  a  $\text{Mn}^{2+}(\text{ac})$ , con formación de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  en medio ácido. Justifique la respuesta. Suponga que los reactivos y los productos se encuentran en condiciones estándar.

**Datos:**  $E^\circ(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = + 1,33 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = + 1,51 \text{ V}$ . **(1,0 punto)**

**Solución:**

El par redox que presente el valor más elevado del potencial estándar de reducción es el que experimenta la reacción de reducción (la forma oxidada es la más oxidante) **(0,5 puntos)**. Por tanto, el  $\text{MnO}_4^-$  es el agente oxidante más energético por lo que se reducirá a  $\text{Mn}^{2+}$  y el  $\text{Cr}^{3+}$  se oxidará a  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . **(0,5 puntos)**

**Alternativa:**

Cátodo:  $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$       Ánodo:  $(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+})$       **(0,25 puntos)**

$E^\circ_{\text{pila}} = E^\circ(\text{cátodo}) - E^\circ(\text{ánodo}) = 1,51 - 1,33 = 0,18 \text{ V}$       **(0,25 puntos)**

$E^\circ_{\text{pila}} > 0$        $\Delta G^\circ < 0$       **(0,25 puntos)**      La reacción propuesta es espontánea **(0,25 puntos)**

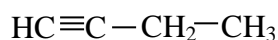
- B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

- i. 1-butino      ii. trans-2-buteno  
iii. 3-pentanona      iv. 1,1-difluoro-2,2-dicloropropano

**(1,0 punto)**

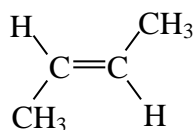
**Solución:**

- i. 1-butino



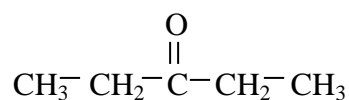
**(0,25 puntos)**

- ii. trans-2-buteno



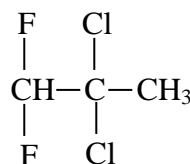
**(0,25 puntos)**

- iii. 3-pentanona



**(0,25 puntos)**

- iv. 1,1-difluoro-2,2-dicloropropano



**(0,25 puntos)**