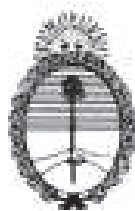


Auspicia y financiamiento



Ministerio de Educación



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

---

23ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA  
1 DE OCTUBRE DE 2013  
CERTAMEN ZONAL - RESPUESTAS

---

La información consignada es a fines de orientación, dado que la distribución de puntajes parciales sugeridas y pertinencia de los procedimientos seguidos por los alumnos queda a criterio de los señores Miembros del Jurado Intercolegial. Se ruega al Jurado no aplicar el criterio de penalización múltiple en los casos donde el resultado de un ítem dependa del resultado de uno o más ítems anteriores del mismo problema y se produjeran arrastres de error consistentes por parte de los alumnos.

---

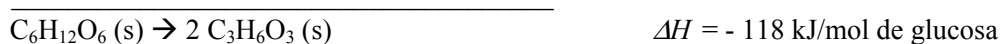
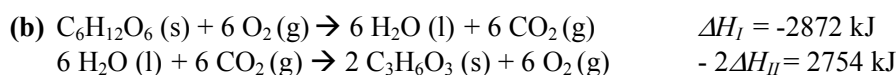
## NIVEL 1.

### Ejercicio 1. (Puntaje total Sugerido: 34 puntos)

(a)

$$\Delta H = -2872 \text{ kJ mol}^{-1} \frac{1\text{g}}{180\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}} \Rightarrow \Delta H = -15,96 \text{ kJ}$$

Respuesta: Se liberan 15,96 kJ de energía por gramo de glucosa metabolizada aeróbicamente.  
**Puntaje Parcial sugerido: 6 Puntos.**



$$\Delta H = -118 \text{ kJ mol}^{-1} \frac{1\text{g}}{180\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}} \Rightarrow \Delta H = -0,65 \text{ kJ}$$

Respuesta: Se liberan 0,65 kJ de energía por gramo de glucosa metabolizada anaeróbicamente.  
**Puntaje Parcial sugerido: 10 Puntos.**

(c) Dada la relación estequiométrica, el número de moles de  $\text{O}_2$  necesario será:

$$n_{O_2} = \frac{6 \text{ moles}_{O_2}}{\text{mol}_{\text{glucosa}}} \frac{40 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}_{\text{glucosa}}} = 1,33 \text{ mol}$$

**Puntaje Parcial sugerido: 7 Puntos.**

(d)

$$V_{O_2} = \frac{1,33 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ Latm} \cdot K^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 309,65 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 33,8 \text{ L}$$

$$V_{\text{aire}} = \frac{33,8 \text{ L}}{0,20} = 169 \text{ L}$$

$$N^{\circ}_{\text{Ciclos Resp.}} = \frac{169,0 \text{ L}}{4,5 \text{ L}} = 37,6$$

Respuesta: Se requieren como mínimo 38 ciclos respiratorios

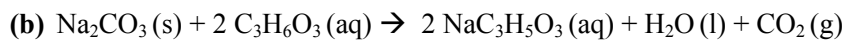
**Puntaje Parcial sugerido: 11 Puntos.**

**Ejercicio 2. (Puntaje total sugerido: 36 puntos)**

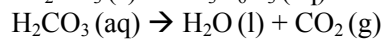
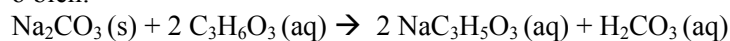
(a)

$$V_{\text{HCl conc}} = \frac{1 \text{ mL}_{\text{HCl conc}}}{1,19 \text{ g}_{\text{HCl conc}}} \frac{100 \text{ g}_{\text{HCl conc}}}{37,0 \text{ g}_{\text{HCl}}} \frac{36,46 \text{ g}_{\text{HCl}}}{\text{mol}} \frac{0,0980 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} \cdot 500 \text{ mL} = 4,06 \text{ mL}$$

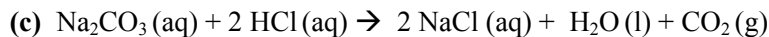
**Puntaje parcial sugerido: 9 Puntos.**



o bien:



**Puntaje parcial sugerido: 5 Puntos.**



$$mEq_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3} = \frac{0,2040 \text{ g}}{105,99 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 2000 mEq_{\text{básicos}} - 17,45 \text{ mL} \cdot 0,0980 \text{ M} = 2,14 mEq$$

$$masa_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3} = 2,14 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 78,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,167 \text{ g}$$

$$masa_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3} / g_{\text{Fibra}} = \frac{0,167 \text{ g}_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}}{5,330 \text{ g}_{\text{Fibra}}} \cdot \frac{50,00 \text{ mL}}{25,00 \text{ mL}} \cdot 1000 \text{ mg/g} = 62,7 \text{ mg}_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3} / g_{\text{Fibra}}$$

**Puntaje parcial sugerido: 13 Puntos.**

- (d) ii- La solución de ácido pirúvico tendrá un pH menor ya que este ácido tiene una constante de acidez mayor.

**Puntaje parcial sugerido: 4,5 Puntos.**

- (e) iv- Ninguna de las opciones anteriores es correcta.

Se necesitará mayor volumen de solución de NaOH 0,500 M para neutralizar completamente la solución de ácido pirúvico ya que se trata de un ácido de menor masa molar. Por este motivo, las soluciones preparadas con igual masa de cada uno de los ácidos, tendrán distinta concentración molar, siendo la de mayor concentración la de ácido pirúvico.

**Puntaje parcial sugerido: 4,5 Puntos.**

**Ejercicio 3. (Puntaje total sugerido: 30 puntos)**

- (a) Algunas de estas especies pueden ser descritas por la contribución de más de una estructura de Lewis. En todos los casos, y como se especifica en el enunciado, se aceptará cualquiera de estas estructuras como respuesta. Con respecto al  $\text{FNO}_2$ , los alumnos podrán proponer otra conectividad y si la estructura de Lewis propuesta es plausible, la respuesta será válida. Algunas respuestas posibles son:



**Puntaje parcial sugerido: 20 Puntos (5 puntos por cada una de las especies químicas pedidas). Se considera separadamente a las especies iónicas:  $\text{NO}_2^+$  y  $\text{BF}_4^-$**

- (b)  $\text{NO}_2^+$ , lineal  
 $\text{BF}_3$ , plana trigonal  
 $\text{BF}_4^-$  tetraédrica

**Puntaje parcial sugerido: 6 Puntos (2 puntos por cada una de las especies químicas pedidas).**

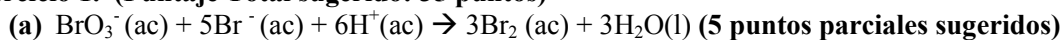
- (c)  $\text{NO}_2\text{BF}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{BF}_4^-(\text{aq}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$

**Puntaje parcial sugerido: 4 Puntos**

---

## NIVEL 2.

### Ejercicio 1. (Puntaje Total sugerido: 35 puntos)



(b) Empleando el método de las velocidades iniciales, se encuentra el orden de reacción de la siguiente manera (los subíndices i y j denotan diferentes experimentos)

$$\frac{v_i}{v_j} = \frac{k[\text{BrO}_3^-]_i^n [\text{Br}^-]_i^m [\text{H}^+]_i^p}{k[\text{BrO}_3^-]_j^n [\text{Br}^-]_j^m [\text{H}^+]_j^p}$$

Seleccionando de manera inteligente diferentes experimentos, para todos los casos se pueden dejar constantes las concentraciones de 2 especies y calcular de ese modo el orden respecto a la tercera.

Se encuentra, de ese modo, que el orden parcial en cada especie es 1, y el orden global de la reacción es 3. (10 puntos parciales sugeridos)

(c)  $k = 1,2 \text{ M}^{-2}\text{seg}^{-1}$ , calculada a partir de cualquier experimento como  $k = \frac{v_i}{[\text{BrO}_3^-]_i [\text{Br}^-]_i [\text{H}^+]_i}$ .

(10 puntos parciales sugeridos, si no coloca unidades a la constante, cero puntos totales sugeridos)

$$k(T) = A \exp\left(-\frac{E_{act}}{RT}\right) \Rightarrow$$

(d)  $\frac{k_{25^\circ\text{C}}}{k_{40^\circ\text{C}}} = \exp\left(-\frac{E_{act}}{R(298\text{K})} + \frac{E_{act}}{R(313\text{K})}\right) = \exp\left(-E_{act}\left(\frac{1}{R(298\text{K})} - \frac{1}{R(313\text{K})}\right)\right)$

$$E_{act} = \frac{\ln(1/2)}{\left(\frac{1}{R(313\text{K})} - \frac{1}{R(298\text{K})}\right)} = 35,83\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

(10 puntos parciales sugeridos)

### Ejercicio 2. (Puntaje Total Sugerido: 35 puntos)

(a)  $-\Delta U(\text{D} \rightarrow \text{C}) = U_{\text{C}} - U_{\text{D}} = 10\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - 100\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = -90\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$-\Delta H(\text{D} \rightarrow \text{C}) = H_{\text{C}} - H_{\text{D}} = \Delta U(\text{D} \rightarrow \text{C}) + \Delta(p\cdot V) = \Delta U(\text{D} \rightarrow \text{C}) + (\Delta n)RT = \Delta U(\text{D} \rightarrow \text{C}) = -90 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

(3,5 puntos parciales sugeridos por cada resultado, 7 puntos totales. Nota: Se sugiere que sólo se otorguen puntos por el cálculo de  $\Delta H$  a quienes justifiquen el razonamiento realizado para arribar a que  $\Delta H = \Delta U$ )

(b)

i. A corto plazo se forma mayoritariamente la especie D debido a que la barrera de activación para la reacción  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{D}$  es menor que la barrera de activación para la reacción  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$ . De ese modo, a corto tiempo se favorecerá la formación de D debido a que dicha reacción es la más rápida. (5 puntos parciales sugeridos)

ii. A tiempo infinito, el producto mayoritario será C, debido a que es el producto termodinámicamente más estable. (5 puntos parciales sugeridos)

(c)  $\Delta S$  será negativo, puesto que la reacción procede con una disminución de moles de gases en el sistema, disminuyendo la entropía. (3 puntos parciales sugeridos)

(d)  $\frac{k_1}{k_2} = \frac{A \exp(-E_{act}^1 / RT)}{A \exp(-E_{act}^2 / RT)} = \exp((E_{act}^2 - E_{act}^1) / RT) = \exp([(170 - 40) - (230 - 40)] / RT) = 0,976$

(5 puntos parciales sugeridos)

$$(e) K_1 = \frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{A \exp(-E_{act}^1 / RT)}{A \exp(-E_{act}^{-1} / RT)} = \exp((E_{act}^{-1} - E_{act}^1) / RT) = \exp([(230 - 10) - (230 - 40)] / RT) = 1,022$$

$$K_2 = \frac{k_2}{k_{-2}} = \frac{A \exp(-E_{act}^2 / RT)}{A \exp(-E_{act}^{-2} / RT)} = \exp((E_{act}^{-2} - E_{act}^2) / RT) = \exp([(170 - 100) - (170 - 40)] / RT) = 0,976$$

**(5 puntos parciales sugeridos por cada constante, 10 puntos totales)**

**Ejercicio 3. (Puntaje Total Sugerido: 30 puntos)**

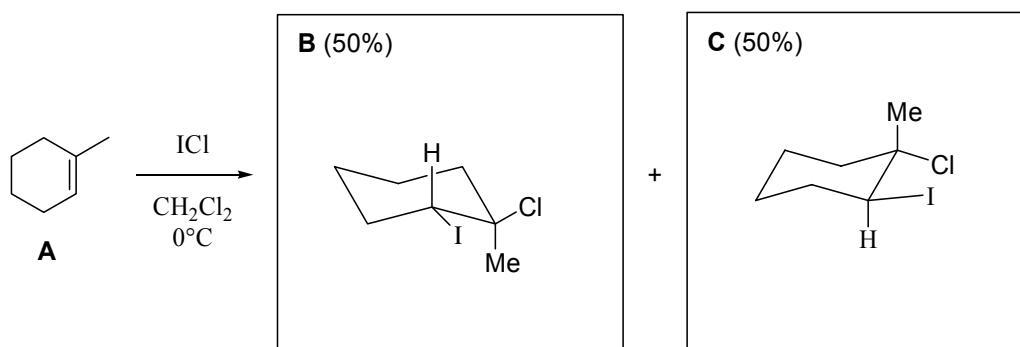
- (a) Verdadero. En reacciones en fase condensada, debido a la incompresibilidad de los líquidos, el término  $\Delta(p.V) \approx 0$ , lo que genera que  $\Delta H \approx \Delta U$ . **(5 puntos parciales sugeridos)**
- (b) Verdadero. En el caso de tener un sistema aislado, el propio sistema se comporta como el universo y eso implica que para cualquier proceso que se realice dentro del mismo,  $DS > 0$ , como establece el segundo principio de la termodinámica. **(10 puntos parciales sugeridos)**
- (c) Falso. La dependencia con la temperatura en  $\Delta G$  está dada por el término entrópico.  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ . Como se deduce de la ecuación, la temperatura acompaña al término entrópico lo cual genera que la dependencia de  $G$  con la temperatura dependa directamente del signo de  $\Delta S$ . En el caso de la reacción de formación de los dióxidos metálicos, la misma procede con consumo de gases lo cual genera que  $\Delta S < 0$ , y consecuentemente  $\Delta G$  aumente con la temperatura. **(10 puntos parciales sugeridos)**
- (d) Verdadero. El proceso de ebullición implica la ruptura de fuerzas intermoleculares presentes en el sistema líquido al pasar a la fase gaseosa. Eso genera que el término energético sea positivo. Por otro lado, la abullición de un líquido procede con un aumento entrópico claro, generado por la formación de la fase gaseosa, por lo que  $\Delta S > 0$ . **(5 puntos parciales sugeridos)**

## NIVEL 2BIS.

Ejercicios 1 y 2 igual que nivel 2.

Ejercicio 3. (Puntaje Total Sugerido: 30 Puntos)

(a) (i) (Puntaje total sugerido: 10 puntos; 5 puntos por cada estructura correcta).



(ii) Puntaje total sugerido: 3 puntos.

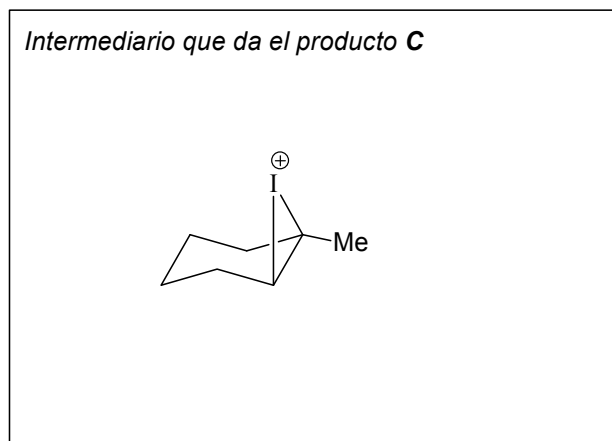
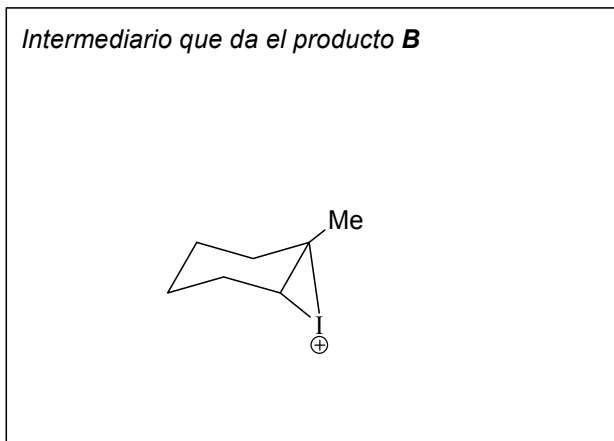
(i) Sustitución nucleofílica

(ii) Sustitución electrofílica

(iii) Adición electrofílica

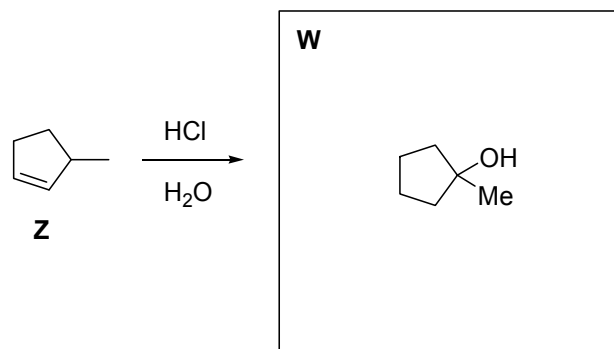
(iv) Adición nucleofílica

(iii) (Puntaje total sugerido: 6 puntos; 3 puntos por cada estructura correcta).

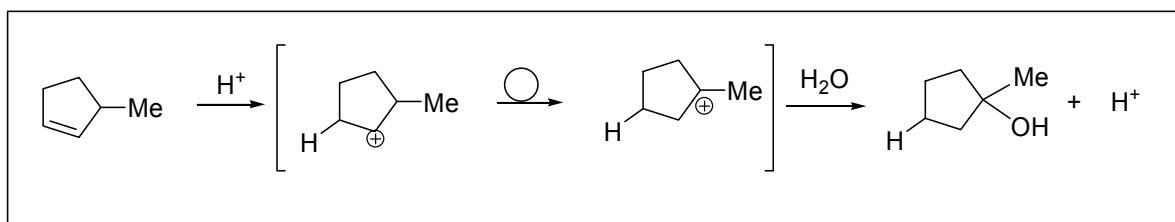


Las estructuras pueden intercambiarse, dependiendo de cómo el estudiante defina las estructuras de **B** y **C** en el primer ítem.

(b) i) (Puntaje total sugerido: 5 puntos).



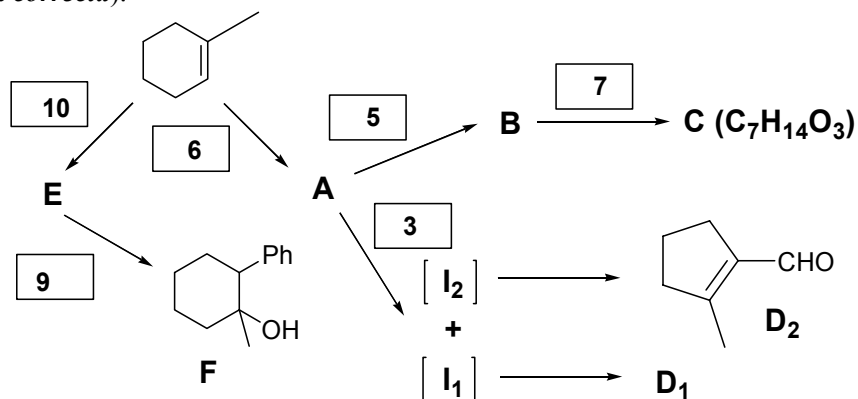
ii) (Puntaje total sugerido: 6 puntos).



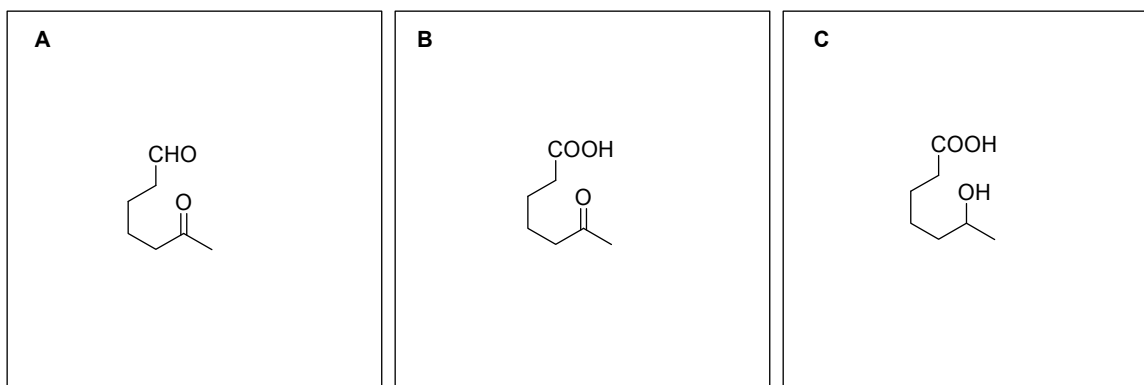
## Nivel 3.

### EJERCICIO 1. (Puntaje total: 36 Puntos)

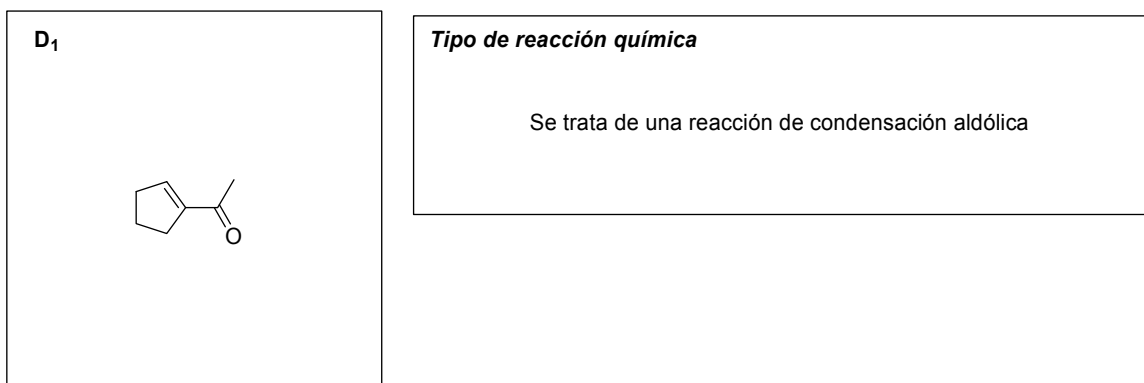
(i) Los reactivos correctos se indican en el esquema. (*Puntaje parcial sugerido: 12 puntos totales; 2 puntos por cada respuesta correcta*).



(ii) *Puntaje parcial sugerido: 6 puntos totales; 2 puntos por cada estructura correcta.*

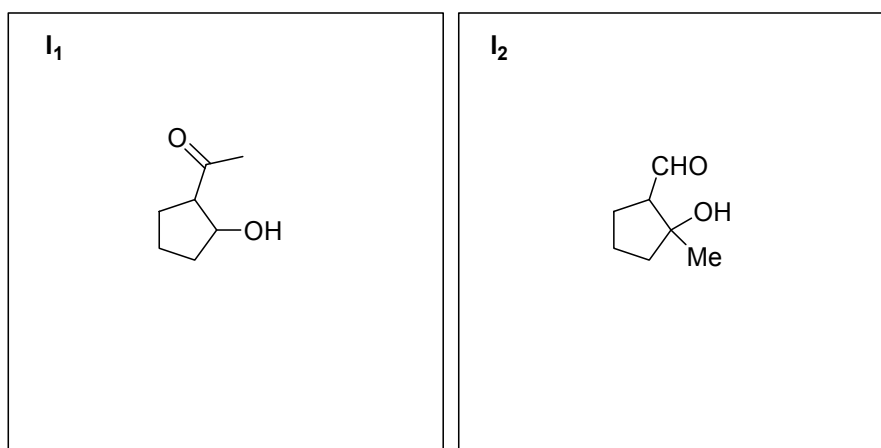


(iii) *Puntaje parcial sugerido: 4 puntos totales; 2 puntos por estructura correcta y 2 puntos por indicar tipo de reacción química.*

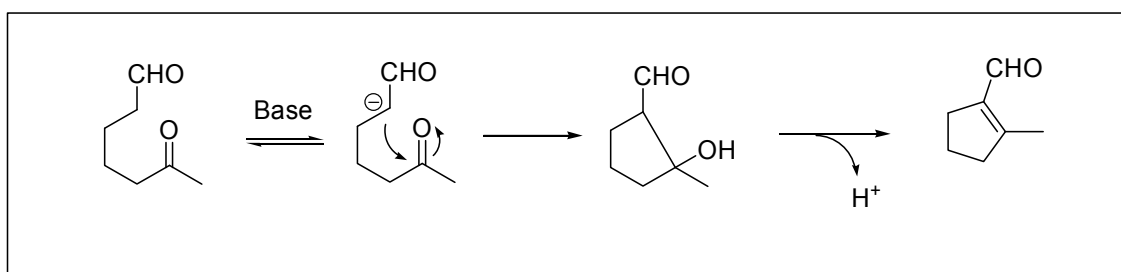


(iv) *Puntaje parcial sugerido: 4 puntos totales; 2 puntos por cada estructura correcta.*

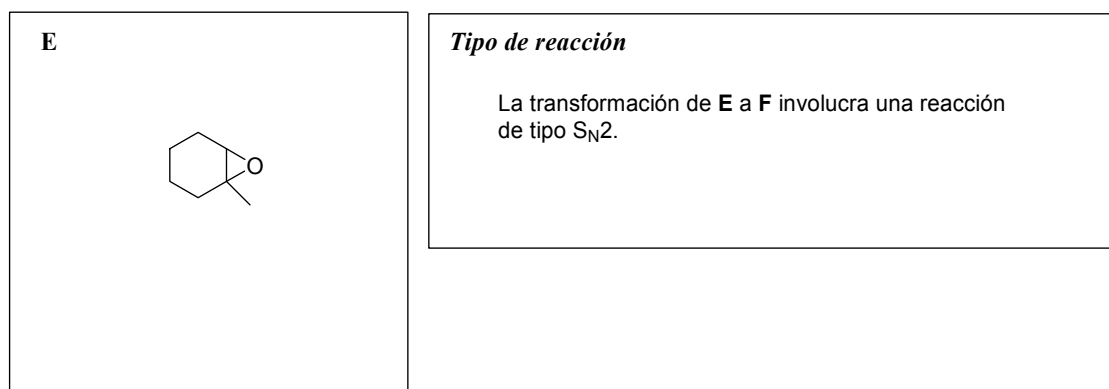




(v) *Puntaje parcial sugerido: 4 puntos totales.*



(vi) *Puntaje parcial sugerido: 4 puntos totales; 2 puntos por estructura correcta y 2 puntos por indicar tipo de reacción química.*



(vii) El compuesto **D<sub>1</sub>** da positivo el ensayo de iodoformo (I<sub>2</sub> / NaOH) por que

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| (1) hay un doble enlace en la molécula | <input type="checkbox"/>            |
| (2) hay un grupo carbonilo             | <input type="checkbox"/>            |
| (3) hay presente un grupo metilcetona. | <input checked="" type="checkbox"/> |

Marca con una cruz (X) en el correspondiente casillero las respuestas que consideres correctas.

*Puntaje parcial sugerido: 2 puntos totales por la respuesta correcta.*

**EJERCICIO 2. (Puntaje total: 30 Puntos)**

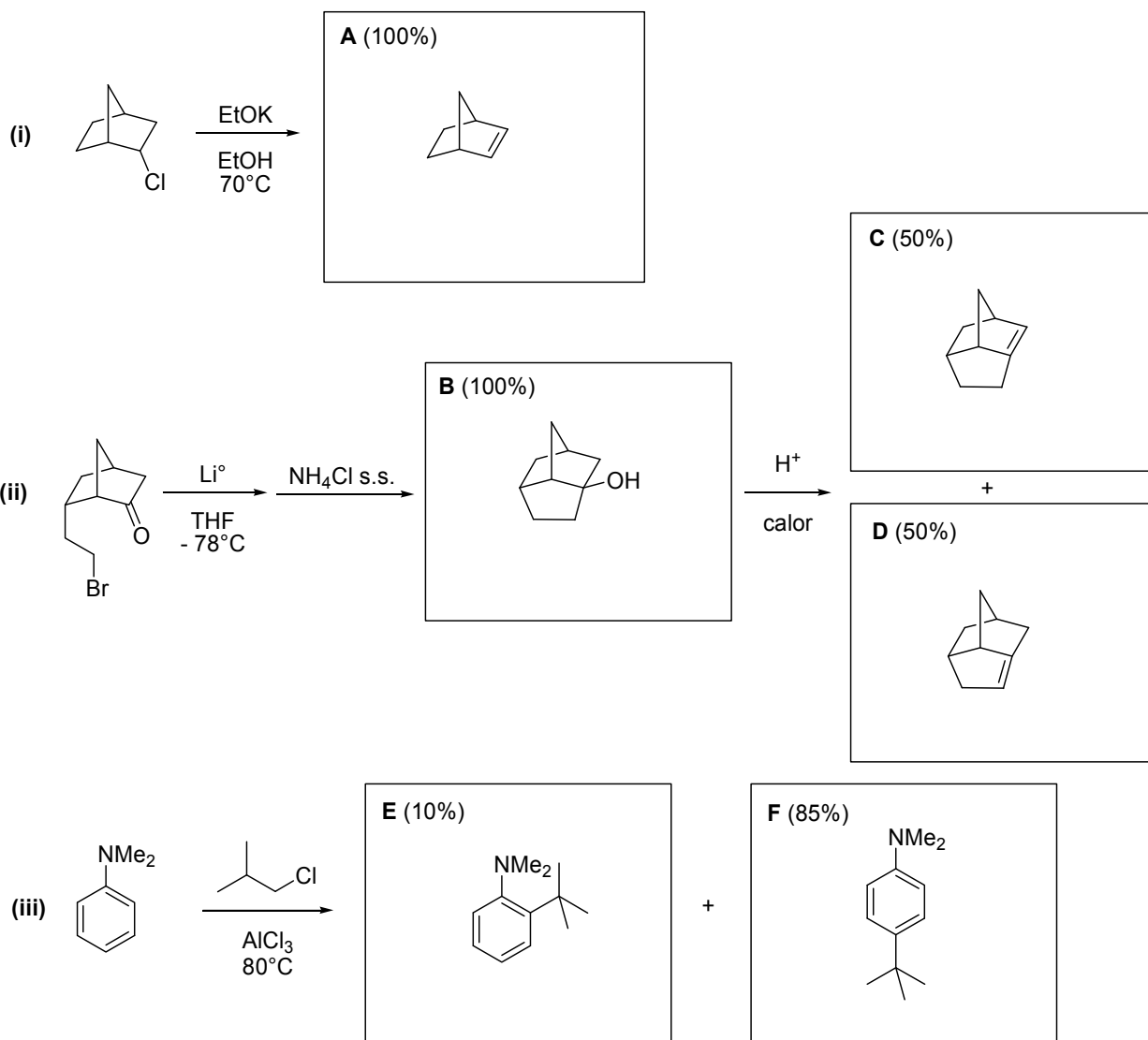
**(a) Puntaje parcial sugerido: 10 puntos totales; 2 puntos por cada respuesta correcta.**


- (i) El compuesto **A** no presenta carbonos asimétricos por lo tanto el valor de  $\alpha_D$  es cero.
- (ii) El compuesto **B** es el enantiómero de **C**.
- (iii) Los compuestos **C** y **D** son la misma molécula.
- (iv) El compuesto **B** es el diastereómero de **D**.
- (v) El compuesto **C** presenta actividad óptica.

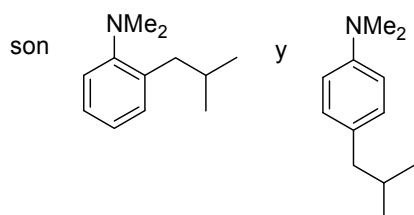
**(b) Puntaje parcial sugerido: 8 puntos totales; 2 puntos por cada respuesta correcta.**

- (i) El catión **C** no verifica la regla de Hückel.
- (ii) Los compuestos **A**, **B** y **D** son aromáticos.
- (iii) El compuesto **B** presenta 10 electrones  $\pi$ .
- (iv) El compuesto **D** presenta 8 electrones  $\pi$ .

**(c) Puntaje parcial sugerido: 12 puntos totales; 2 puntos por cada estructura correcta.**



Si el estudiante plantea que el electrófilo es  y, como consecuencia, plantea que los regioisómeros



la respuesta no es correcta, ya que lo que se pretende evaluar en este caso es que el estudiante piense que los carbocationes se reordenan para dar el carbocatión más estable, que sería el catión *tert*-butilo. Dicho electrófilo es la especie que reacciona con el sistema aromático a través de una sustitución electrofílica aromática.

### EJERCICIO 3. (Puntaje total: 34 Puntos).

(a)

(i) (Se sugiere asignar 1 punto a la indicación correcta del par ácido base conjugado que regula a  $pOH = 4,50$ )

Inicialmente se cuenta con una solución de  $NH_3$  1 M y, mediante el agregado de una solución de HCl, parte del  $NH_3$  se transformará en  $NH_4^+$ , es decir, su ácido conjugado. Dado que la constante de acidez que vincula la concentración de ambas especies en solución es  $5,62 \times 10^{-10}$ , es decir, la  $pK_a$  vale 9,25, y el  $pOH$  de la solución

que se desea preparar es 4,50, es decir, con  $pH = 9,50$ , resulta lógico deducir que el par ácido-base conjugado que regulará será  $NH_3 / NH_4^+$ .

**El par ácido-base conjugado que regula a  $pOH = 4,50$  será  $NH_3 / NH_4^+$**

**(ii) (se sugiere asignar 8 puntos al cálculo correcto de la concentración de la solución de HCl)**

Se desean preparar 50,0 mL de solución reguladora de  $pOH = 4,50$ , partiendo de 25,00 mL de la solución de  $NH_3$  1 M y agregando únicamente solución de una dada concentración de HCl, hasta llegar a un volumen final de 50,0 mL. Es decir, ya se conoce que el volumen agregado de la solución de HCl será también de 25,00 mL. Con esta información:

$$[NH_3]_{buffer} + [NH_4^+]_{buffer} = \frac{1M \cdot 25 ml}{50 mL} = 0,5M$$

$$[Cl^-] = \frac{[HCl] V_{HCl}}{50 mL} = \frac{[HCl] \cdot 25 ml}{50 mL} = 0,5[HCl]$$

Con la solución de HCl agregada se neutralizará en parte la solución de  $NH_3$ , es decir, una fracción del  $NH_3$  se convertirá en  $NH_4^+$ . Dicho en otras palabras, la concentración de  $NH_4^+$  en el buffer va a estar dada justamente por el HCl agregado y la concentración de  $NH_3$  en el buffer va a estar dada por la que había inicialmente menos lo que se transformó en  $NH_4^+$ :

$$[Cl^-] = 0,5[HCl] = [NH_4^+]_{buffer}$$

$$[NH_3]_{buffer} = 0,5M - [NH_4^+]_{buffer} = 0,5M - 0,5[HCl]$$

Planteando la ecuación de Henderson:

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]_{buffer}}{[NH_4^+]_{buffer}}$$

Y sabiendo que  $pOH = 4,50$ , es decir,  $pH = 9,50$  y que  $pK_a = 9,25$ , entonces:

$$9,50 = 9,25 + \log \frac{0,5 - 0,5[HCl]}{0,5[HCl]}$$

Despejando, se obtiene que:

**$[HCl] = 0,36 M$**

**(iii) (se sugiere asignar 3 puntos en total al cálculo correcto de las concentraciones de  $[NH_3]_{buffer}$  y  $[NH_4^+]_{buffer}$  – es decir 1,5 puntos por cada concentración correcta. En caso de haber calculado mal la concentración de HCl del punto anterior pero plantear en este punto un procedimiento correcto, se sugiere no penalizar. Notar, de todos modos, que la suma de ambas concentraciones debe ser igual a 0,5 M)**

Como ya se comentó anteriormente, la concentración de  $NH_3$  en el buffer va a estar dada por la que había inicialmente menos la que se transformó en  $NH_4^+$ . Y la concentración de  $NH_4^+$  en el buffer va a estar dada por lo que se agregó de HCl. Entonces:

$$[NH_4^+]_{buffer} = 0,5[HCl] = 0,18M$$

$$[NH_3]_{buffer} = 0,5M - 0,5[HCl] = 0,32M$$

**$[NH_4^+]_{buffer} = 0,18 M$  y  $[NH_3]_{buffer} = 0,32 M$**

**(iv) (se sugiere asignar 8 puntos al cálculo correcto de la variación de pH producida, es decir, al valor de  $pH_{final} - pH_{inicial}$ . Si solamente determina el pH final pero no informa la variación de pH producida, se sugiere asignar 4 puntos)**

Mediante el agregado de  $1,25 \times 10^{-4}$  moles de NaOH sólido a la solución reguladora preparada, se formará más  $\text{NH}_3$  y se consumirá  $\text{NH}_4^+$ . Como no hay cambio de volumen:

$$[\text{NH}_3]_{(iv)} = [\text{NH}_3]_{(ii)} + [\text{NaOH}]_{\text{agregada}} = 0,32M + \frac{1,25 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 1000 \text{ ml}}{10 \text{ ml L}} = 0,3325M$$

$$[\text{NH}_4^+]_{(iv)} = [\text{NH}_4^+]_{(ii)} - [\text{NaOH}]_{\text{agregada}} = 0,18M - \frac{1,25 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 1000 \text{ ml}}{10 \text{ ml L}} = 0,1675M$$

Es decir, con las concentraciones finales obtenidas, se seguirá teniendo el buffer  $\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$ . Empleando la ecuación de Henderson será posible conocer el valor de pH de esta nueva solución:

$$pH_{\text{final}} = pK_a + \log \frac{[\text{NH}_3]_{(iv)}}{[\text{NH}_4^+]_{(iv)}}$$

$$pH_{\text{final}} = 9,25 + \log \frac{0,3325M}{0,1675M}$$

Despejando se obtiene que  $pH_{\text{final}} = 9,55$  (mayor que en el ítem (ii), lo cual resulta lógico ya que se basificó la solución mediante el agregado de NaOH sólido).

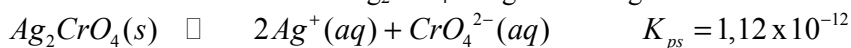
Entonces, la diferencia de pH producida será:  $pH_{(iv)} - pH_{(ii)} = 9,55 - 9,50 = + 0,05$ .

**La variación de pH que se producirá al agregar  $1,25 \times 10^{-4}$  moles de NaOH sólido a 10,00 mL de la solución del ítem (ii) será de + 0,05**

(b)

(i) *(se sugiere asignar 2 puntos al cálculo correcto de la solubilidad del  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  en agua pura)*

La reacción de disolución del  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  en agua es la siguiente:



Por la estequiometría de la sal, por cada mol de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  que se disuelve aparecerán en solución 2 moles de  $\text{Ag}^+$  y 1 mol de  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Siempre que exista equilibrio entre la sal sólida y sus iones en solución, entonces la concentración disuelta de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , será la solubilidad de la sal, S. Entonces:

$$[\text{Ag}^+] = 2S$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = S$$

$$K_{ps} = 1,12 \times 10^{-12} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] = (2S)^2 S = 4S^3$$

Despejando se obtiene que:

**Solubilidad de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  en agua pura =  $6,55 \times 10^{-5}$  M**

(ii) *(se sugiere asignar 4 puntos al cálculo correcto de la solubilidad del  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  en solución de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  0,01 M)*

En este ítem estamos en presencia de lo que se conoce como efecto de "ion común", ya que se desea calcular la solubilidad del  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  en una solución que ya contiene  $\text{CrO}_4^{2-}$ . En este caso, la solubilidad será menor a la obtenida en agua pura.

$$[\text{Ag}^+] = 2S$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = S + 0,01M$$

$$K_{ps} = 1,12 \times 10^{-12} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] = (2S)^2 (S + 0,01M)$$

Dado que la solubilidad será menor a  $6,55 \times 10^{-5}$  M (es decir, a la solubilidad en agua pura) entonces, de la última ecuación, se puede deducir que  $S$  será despreciable frente a 0,01 M. Entonces:

$$K_{ps} = 1,12 \times 10^{-12} = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] = (2S)^2 (0,01)$$

Despejando se obtiene que  $S = 2,29 \times 10^{-6}$  M. Efectivamente  $S$  es despreciable frente a 0,01 M.

**Solubilidad de  $Ag_2CrO_4$  en solución de  $K_2CrO_4$  0,01 M =  $2,29 \times 10^{-6}$  M**

**(iii) (se sugiere asignar 4 puntos al cálculo correcto de la solubilidad del  $Ag_2CrO_4$  en solución de  $AgNO_3$  0,01 M)**

En este ítem también estamos en presencia de lo que se conoce como efecto de “ion común”, ya que se desea calcular la solubilidad del  $Ag_2CrO_4$  en una solución que ya contiene  $Ag^+$ . En este caso, la solubilidad será también menor a la obtenida en agua pura.

$$[Ag^+] = 2S + 0,01M$$

$$[CrO_4^{2-}] = S$$

$$K_{ps} = 1,12 \times 10^{-12} = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] = (2S + 0,01M)^2 S$$

Dado que la solubilidad será menor a  $6,55 \times 10^{-5}$  M (es decir, a la solubilidad en agua pura) entonces, de la última ecuación, se puede deducir que  $2S$  será despreciable frente a 0,01 M. Entonces:

$$K_{ps} = 1,12 \times 10^{-12} = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] = (0,01)^2 S$$

Despejando se obtiene que  $S = 1,12 \times 10^{-8}$  M. Efectivamente  $2S$  es despreciable frente a 0,01 M.

**Solubilidad de  $Ag_2CrO_4$  en solución de  $AgNO_3$  0,01 M =  $1,12 \times 10^{-8}$  M**

**(iv) (se sugiere asignar 4 puntos a la elección y justificación correcta de la solución para lavar un precipitado de  $Ag_2CrO_4$ . Si elige correctamente la solución pero la justificación no es adecuada, se sugiere asignar 1 punto. Si elige mal la solución, por haber cometido un error de cuentas en el punto anterior, pero la justificación de este ítem es correcta, se sugiere asignar 3 puntos)**

Si se desea lavar un precipitado de  $Ag_2CrO_4$  de manera de perder la menor cantidad de sólido posible, resulta necesario elegir una solución donde la solubilidad de dicha sal sea lo más chica posible. Mirando las solubilidades obtenidas en los ítems (i), (ii) y (iii) se puede ver que la menor solubilidad del  $Ag_2CrO_4$  se obtiene en una solución de  $AgNO_3$  0,01 M. Es decir, para lavar un precipitado de  $Ag_2CrO_4$ , de tal manera de perder la menor cantidad de sólido posible, resulta conveniente utilizar la solución del ítem (iii)