

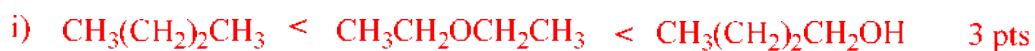


35^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
13 DE AGOSTO DE 2025
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – NIVEL 3
RESPUESTAS

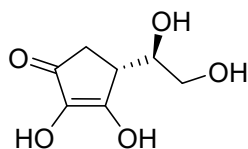
Utilizá la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. Podés suponer que las sustancias en estado gaseoso se comportan idealmente.

Ejercicio 1 (12 Puntos)

(a) Ordena los compuestos de cada serie en orden de punto de ebullición creciente.

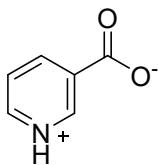


(b) Las vitaminas pueden clasificarse como solubles en agua o liposolubles (solubles en solventes muy poco polares). Decide una clasificación para cada una de las vitaminas que se muestran a continuación:



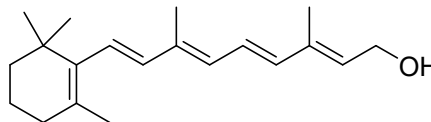
Vitamina C

soluble en agua
2 pts



Vitamina B3

soluble en agua
2 pts



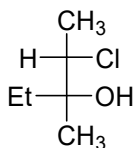
Vitamina A

liposoluble
2 pts

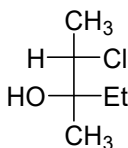
Ejercicio 2 (24 Puntos)

(a) Determina qué relación de isomería existe entre los compuestos **A**, **B**, **C** y **D** (6 relaciones). 12

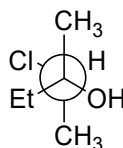
pts total



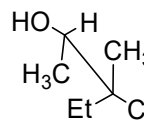
A



B



C



D

Rtas:

A-B: Diastereómeros 2 pts

A-C: Enantiómeros 2 pts



A-D: Isómeros estructurales 2 pts

B-C: Diastereómeros 2 pts

B-D: Isómeros estructurales 2 pts

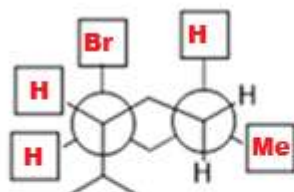
C-D: Isómeros estructurales 2 pts

(b) Dado el compuesto **A**:

- Determina la configuración absoluta (R/S) de sus carbonos asimétricos. **3 pts total**
- Completa la proyección de Newman de manera que representen a la molécula de la izquierda. **2.5 pts total**
- Completa el ciclohexano de la derecha de manera que represente a la conformación silla más estable. **2.5 pts total**



1 pt c/u

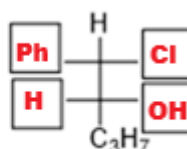
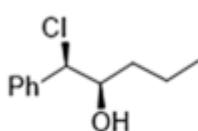


0.5 pts c/u



2.5 pts

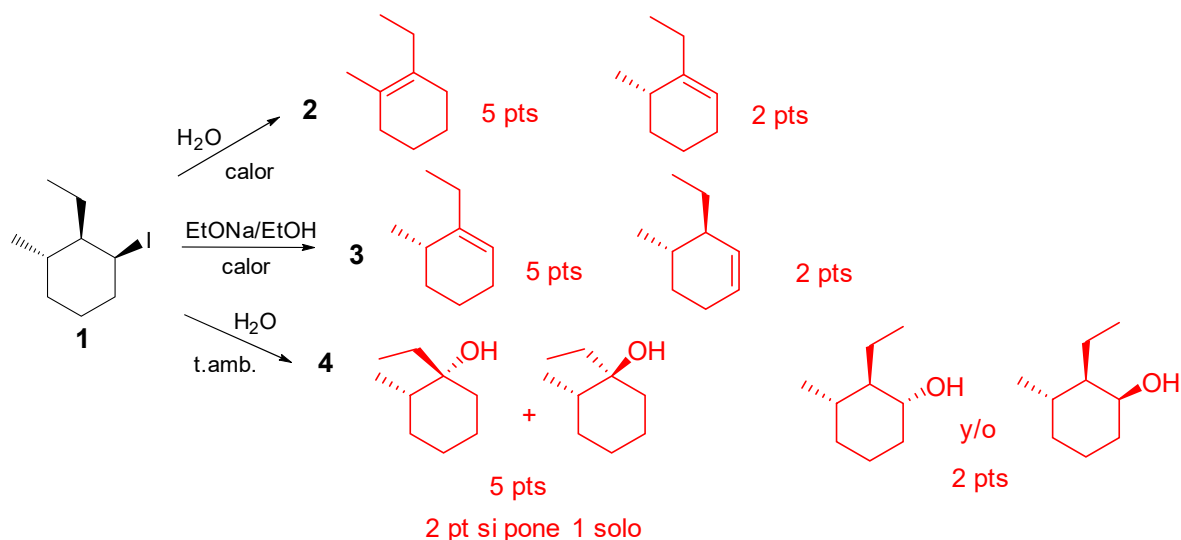
(c) Completa la proyección de Fischer de manera que represente a la molécula de la izquierda. **4 pts total**



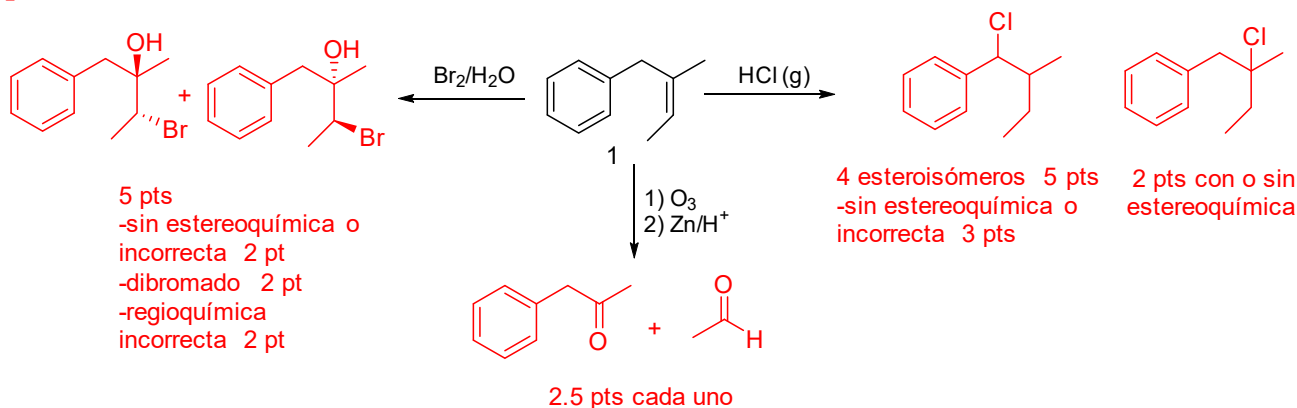
1 pt c/u

Ejercicio 3 (30 Puntos)

- (a) Completa el siguiente esquema de reacciones indicando la estructura de los productos **2, 3, 4 y 5** teniendo en cuenta su estereoquímica. **15 pts total**



(b) Completa el siguiente esquema de reacciones indicando la estructura de los productos **A**, **B** y **C** teniendo en cuenta su estereoquímica. Cada letra puede corresponder a más de un compuesto. **15 pts total**



Ejercicio 2 (34 Puntos)

Notas de corrección: En algunos problemas, el puntaje se encuentra distribuido en etapas parciales del desarrollo. Si el estudiante comete un error en una etapa, no se otorgan los puntos parciales correspondientes a dicha etapa. Sin embargo, si en etapas siguientes aplica correctamente el procedimiento esperado, se otorgan los puntos respectivos aunque el resultado numérico no coincida con el valor esperado (siempre que la diferencia se deba a haber arrastrado el error anterior). Esto evita penalizar dos veces por el mismo error.

El ácido glicólico (ácido hidroxiaacético) es un ácido orgánico de fórmula molecular $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$ similar al ácido acético. Se comercializa como un sólido cristalino blanco, muy soluble en agua y es comúnmente utilizado en productos cosméticos por su acción exfoliante, evitando la acumulación de células muertas y mejorando la textura y el aspecto de la piel. Una vez disuelto en agua, el ácido glicólico (que puedes escribir como **HGli**) se comporta como un ácido monoprótico débil.



Datos: $pK_a(\text{HGLi}) = 3,83$; $pK_a(\text{HAcO}) = 4,75$; Constante de ionización del agua (K_w): $1,0 \times 10^{-14}$

Densidad de una solución acuosa de $[\text{HGLi}]_{\text{Total}} = 70\%$ p/p = 1,25 g/mL

$M_r(\text{HGLi}) = 76 \text{ g/mol}$; $M_r(\text{HTio}) = 92 \text{ g/mol}$

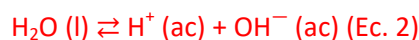
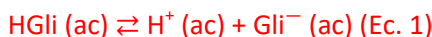
- (a) Para la preparación de un producto cosmético se requiere trabajar con una solución de ácido glicólico (HGLi) de concentración analítica 3,8 % p/p y densidad = 1,1 g/mL. Determina la concentración molar de todas las especies presentes en el equilibrio en dicha solución. **9 puntos totales.**

Primero necesitamos calcular la concentración molar analítica del ácido glicólico (HGLi). Para ello usamos los datos de la densidad de la solución y de la masa molar del HGLi :

$$[\text{HGLi}]_{\text{Total}} = \% \text{ p/p} \times \frac{1}{M_r(\text{HGLi})} \times \delta_{\text{sc}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \frac{3,8 \text{ g}_{\text{st}}}{100 \text{ g}_{\text{sc}}} \times \frac{1}{76 \frac{\text{g}_{\text{st}}}{\text{mol}_{\text{st}}}} \times 1,1 \frac{\text{g}_{\text{sc}}}{\text{mL}_{\text{sc}}} \times \frac{1000 \text{ mL}_{\text{sc}}}{1 \text{ L}_{\text{sc}}} = 0,550 \text{ M}$$

(1 punto parcial por calcular correctamente la concentración molar de la solución)

Las reacciones ácido-base que tienen lugar son las siguientes:



Luego, planteamos los balances de masa (BM) y de carga (BC) de la solución:

BM: $[\text{HGLi}] + [\text{Gli}^-] = [\text{HGLi}]_{\text{Total}} = 0,550 \text{ M}$

BC: $[\text{H}^+] = [\text{Gli}^-] + [\text{OH}^-]$

Debido a que se tiene un ácido débil con $pK_a = 3,83$ y se encuentra lo suficientemente concentrado, esperamos un pH ácido en el cual $[\text{OH}^-]$ es despreciable frente a $[\text{H}^+]$. De este modo, el BC se simplifica a: $[\text{H}^+] = [\text{Gli}^-]$.

(1 punto parcial por establecer esta igualdad)

Esta última expresión puede usarse para reemplazar en el BM, despejar $[\text{HGLi}]$ y escribirlo así en función de $[\text{H}^+]$: $[\text{HGLi}] = 0,550 \text{ M} - [\text{Gli}^-] = 0,550 \text{ M} - [\text{H}^+]$

(1 punto parcial por establecer esta igualdad)

Aclaración: es posible deducir estas mismas expresiones sin necesidad de plantear balances. Observando la Ec. 1, se pueden establecer relaciones estequiométricas entre estas especies.

Ahora utilizamos la K_a del HGLi y las expresiones halladas anteriormente:



$$K_a(\text{HGLi}) = 10^{-pK_a(\text{HGLi})} = 10^{-3,83} = 1,48 \times 10^{-4} = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{Gli}^-]}{[\text{HGLi}]} = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{H}^+]}{0,550 - [\text{H}^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,550 - [\text{H}^+]}$$

Reordenando se obtiene una expresión cuadrática: $[\text{H}^+]^2 + 1,48 \times 10^{-4} [\text{H}^+] - 8,14 \times 10^{-5} = 0$

(esta expresión también se podría haber planteado en función de $[\text{Gli}^-]$ en lugar de $[\text{H}^+]$:

$$[\text{Gli}^-]^2 + 1,48 \times 10^{-4} [\text{Gli}^-] - 8,14 \times 10^{-5} = 0)$$

(2 puntos parciales por plantear y despejar la expresión cuadrática)

Al resolver la cuadrática se obtiene $[\text{H}^+] = 8,95 \times 10^{-3} \text{ M}$ **(1 punto)**

Luego, como $[\text{H}^+] = [\text{Gli}^-]$, entonces $[\text{Gli}^-] = 8,95 \times 10^{-3} \text{ M}$ **(1 punto)**

Como $[\text{HGLi}] = 0,550 \text{ M} - [\text{H}^+] = 0,550 \text{ M} - 8,95 \times 10^{-3} \text{ M}$, $[\text{HGLi}] = 0,541 \text{ M}$ **(1 punto)**

Finalmente, como despreciamos $[\text{OH}^-]$ en el BC, debemos recurrir a la expresión de K_w para calcularlo: $K_w = 1 \times 10^{-14} = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]$. Así $[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] = 1 \times 10^{-14} / 8,95 \times 10^{-3} \text{ M}$. Por lo tanto, $[\text{OH}^-] = 1,12 \times 10^{-12} \text{ M}$ **(1 punto)**

Se verifica el desprecio que habíamos realizado ($[\text{OH}^-] \ll [\text{H}^+]$)

- (b)** Marca con una “X” la/s opción/es que consideres correcta/s: **6 puntos totales, 3 por cada respuesta correcta. Restar 2 puntos si se marca alguna respuesta incorrecta (el puntaje mínimo de este ítem es de 0 puntos).**

(i) Una solución de ácido glicólico (HGLi) 0,05 M tiene un pH menor que una solución de ácido clorhídrico (HCl) 0,05 M.	
(ii) Una solución de ácido glicólico (HGLi) 0,05 M tiene un pH menor que una solución de ácido acético (HAcO) 0,05 M.	X
(iii) El grado de disociación del ácido glicólico (HGLi) en una solución 0,05 M es menor que el grado de disociación del ácido acético (HAcO) en una solución 0,05 M.	
(iv) En una solución de ácido glicólico (HGLi) regulada a pH = 4 se verifica la siguiente relación para las concentraciones en el equilibrio: $[\text{HGLi}] > [\text{Gli}^-]$.	
(v) En una solución que contiene $[\text{HGLi}]_{\text{Total}} = 0,1 \text{ M}$ y $[\text{HCl}] = 0,1 \text{ M}$ se verifica que, una vez alcanzado el equilibrio, $[\text{Gli}^-]$ es depreciable frente a $[\text{HGLi}]$.	X

- (c)** El ácido tioglicólico ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{S}$) es un ácido monoprótico débil análogo de **HGLi**. Según los datos de su hoja de seguridad, 100 mL de una solución acuosa que contienen 1,000 g de ácido tioglicólico (**HTio**) presenta un pH = 1,50. En base a estos datos, determina la constante acidez del ácido tioglicólico (**HTio**). **6 puntos totales**

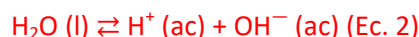
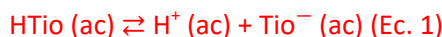


Primero necesitamos calcular la concentración molar analítica del ácido tioglicólico (HTio). Para ello usamos el dato de la masa molar del HTio:

$$[\text{HTio}]_{\text{Total}} = \frac{\text{masa HTio}}{\text{Volumen}_{\text{sc}}} \times \frac{1}{M_r(\text{HTio})} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \frac{1,000 \text{ g}_{\text{st}}}{100 \text{ mL}_{\text{sc}}} \times \frac{1}{92 \frac{\text{g}_{\text{st}}}{\text{mol}_{\text{st}}}} \times \frac{1000 \text{ mL}_{\text{sc}}}{1 \text{ L}_{\text{sc}}} = 0,109 \text{ M}$$

(1 punto parcial por calcular correctamente la concentración molar de la solución)

Las reacciones ácido-base que tiene lugar son las siguientes:



Luego, se plantean los balances de masa (BM) y de carga (BC) de la solución, y la expresión de la constante de acidez de HTio:

$$\text{BM: } [\text{HTio}] + [\text{Tio}^-] = [\text{HTio}]_{\text{Total}} = 0,109 \text{ M}$$

$$\text{BC: } [\text{H}^+] = [\text{Tio}^-] + [\text{OH}^-]$$

$$K_a(\text{HTio}) = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{Tio}^-]}{[\text{HTio}]}$$

Para determinar el valor de K_a es necesario calcular las concentraciones $[\text{HTio}]$, $[\text{Tio}^-]$ y $[\text{H}^+]$:

- Sabiendo que $\text{pH} = 1,50$ podemos calcular $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,50} = 0,032 \text{ M}$ **(1 punto)**

- Además la concentración de OH^- resulta despreciable, por lo que la expresión del BC se simplifica a $[\text{H}^+] = [\text{Tio}^-]$. De este modo, $[\text{Tio}^-] = 0,032 \text{ M}$ **(1 punto)**

- Finalmente puede calcularse $[\text{HTio}]$ a partir del BM: $[\text{HTio}] = [\text{HTio}]_{\text{Total}} - [\text{Tio}^-] = 0,109 \text{ M} - 0,032 \text{ M} = 0,077 \text{ M}$ **(1 punto)**

Luego se reemplazan las concentraciones obtenidas en la expresión de la constante de acidez:

$$K_a(\text{HTio}) = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{Tio}^-]}{[\text{HTio}]} = \frac{0,032 \times 0,032}{0,077} \rightarrow K_a(\text{HTio}) = 1,30 \times 10^{-2} \text{ (2 puntos)}$$

(d) Indica si las siguientes afirmaciones son Verdaderas (V) o Falsas (F): **5 puntos totales, 1 por cada respuesta correcta.**

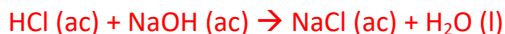
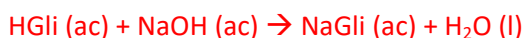
(i) Una solución que contiene $[\text{NaGli}]_{\text{Total}} = 0,02 \text{ M}$ presenta un $\text{pH} = 7$	F
(ii) Una solución que contiene $[\text{NaGli}]_{\text{Total}} = 0,02 \text{ M}$ presenta el mismo pH que una solución contiene $[\text{NaOH}]_{\text{Total}} = 0,02 \text{ M}$	F



(iii) En una solución que contiene $[\text{NaGli}]_{\text{Total}} = 0,02 \text{ M}$, se verifica que la concentración de Gli^- en equilibrio será prácticamente $0,02 \text{ M}$.	V
(iv) En una solución que contiene $[\text{NaOH}]_{\text{Total}} = [\text{NaGli}]_{\text{Total}} = 0,02 \text{ M}$, se verifica que la concentración de Gli^- en equilibrio será prácticamente $0,02 \text{ M}$.	V
(iv) Para neutralizar completamente una solución que contiene $[\text{NaOH}]_{\text{Total}} = 0,02 \text{ M}$ se necesita la misma cantidad de HCl que para neutralizar completamente una solución que contiene $[\text{NaGli}]_{\text{Total}} = 0,02 \text{ M}$.	V

(e) Para la fabricación de otro producto se disolvió una cierta cantidad de ácido glicólico (HGli) en 1 L de una solución que contiene ácido clorhídrico (HCl) en concentración $0,02 \text{ M}$. Sin embargo, por un error en la calibración de la balanza, se desconoce con exactitud la masa pesada. Para solucionar este inconveniente se tomaron $10,00 \text{ mL}$ de la solución preparada y se realizó una neutralización con $\text{NaOH } 0,1 \text{ M}$ ($f = 0,9855$). Para la neutralización completa de ambos ácidos se requirieron $17,25 \text{ mL}$ de la solución de NaOH . **8 puntos totales**

- i. Escribe la ecuación química que representa la reacción neutralización del ácido glicólico (HGli) y la del ácido clorhídrico (HCl). **2 puntos parciales (uno por cada ecuación química escrita correctamente).**



- ii. Determina la masa de ácido glicólico (HGli) pesada.

De acuerdo a las ecuaciones químicas planteadas en el ítem anterior, el hidróxido de sodio reacciona tanto con el HCl como con el HGli con estequiometría 1:1. De este modo:

$$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}} + n_{\text{HGli}}$$

(1 punto por plantear la neutralización de ambas especies y la estequiometría correcta)

Podemos calcular los moles de NaOH utilizados para neutralizar ambos ácidos a partir del volumen de solución empleado, su concentración y el factor:

$$n_{\text{NaOH}} = [\text{NaOH}] \times f_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ M} \times 0,9855 \times 17,25 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 1,70 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

(1 punto)

Podemos calcular los moles de HCl a partir de su concentración y el volumen de solución que se tomó para realizar la neutralización:

$$n_{\text{HCl}} = [\text{HCl}] \times V_{\text{HCl}} = 0,0200 \text{ M} \times 10,00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 2,00 \times 10^{-4} \text{ moles}$$

(1 punto)



Luego, podemos calcular los moles de HGLi que reaccionaron como:

$$n_{\text{HGLi}} = n_{\text{NaOH}} - n_{\text{HCl}} = 1,70 \times 10^{-3} \text{ moles} - 2,00 \times 10^{-4} \text{ moles} = 1,50 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

(1 punto)

Finalmente, podemos calcular la masa de HGLi que se pesó utilizando el dato de la masa molar y teniendo en cuenta que la neutralización se realizó sobre una alícuota de 10 mL respecto del total de la solución (1 L = 1000 mL):

$$m_{\text{HGLi}} = n_{\text{HGLi}} \times M_r(\text{HGLi}) \times \frac{1000 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 1,50 \times 10^{-3} \text{ moles} \times 76 \text{ g/mol} \times \frac{1000 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 11,40 \text{ g}$$

(2 puntos parciales: 1 punto por tener en cuenta la alícuota + 1 punto por el cálculo de la masa).