
35^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
10 DE SEPTIEMBRE DE 2025
CERTAMEN ZONAL – NIVEL 3
EXAMEN

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.

Nota: los distintos ítems de este examen no están relacionados entre sí. Si por algún motivo no podés resolver alguno de ellos, continúa con el siguiente.

Ejercicio 1 (34 Puntos)

PARTE A

En la industria alimentaria es común la incorporación de compuestos químicos con el fin de modificar o mejorar ciertas propiedades de los productos. Estos aditivos pueden cumplir funciones diversas, como edulcorantes, conservantes, acidulantes, antioxidantes, entre otras. A modo de ejemplo, se consideran dos compuestos típicos que pueden encontrarse en bebidas dietéticas: el ácido benzoico (que puedes llamar **HBen**) se utiliza como conservante, y la sacarina sódica (que puedes llamar **NaSac**) se utiliza como un endulzante no calórico. Ambos compuestos están involucrados en equilibrios ácido-base monopróticos: el ácido benzoico puede donar un protón, y la sacarina sódica puede aceptar un protón.

Datos: $K_a(\text{HBen}) = 6,3 \times 10^{-5}$; $K_b(\text{NaSac}) = 4,0 \times 10^{-13}$;
 $M_r(\text{HBen}) = 122 \text{ g/mol}$; $M_r(\text{NaBen}) = 144 \text{ g/mol}$

(a) Marca con una “X” la/s opción/es que consideres correcta/s:

1. Una solución de sacarina sódica (NaSac) 0,100 M tendrá un pH mayor que una solución de benzoato de sodio (NaBen) de igual concentración.	
2. Una solución reguladora de pH = 12, se puede preparar utilizando solamente NaSac , HSac y agua.	
3. Una solución reguladora de pH = 2, se puede preparar utilizando solamente NaSac , HSac y agua.	
4. Una solución reguladora de pH = 4, se puede preparar utilizando solamente NaBen , HCl y agua.	
5. Si se mezclan volúmenes iguales de una solución de HBen 0,100 M y NaOH 0,100 M, se obtiene una excelente solución reguladora de pH.	



- (b) Se disuelven 1,000 g de ácido benzoico (**HBen**) y 1,000 g de benzoato de sodio (**NaBen**) en 250 mL de agua. Calcula el pH de la solución resultante.
- (c) Se desean preparar 200 mL de una solución reguladora de $\text{pH} = 5,00$, cuya concentración total sea 0,200 M. Para ello se dispone de ácido benzoico sólido, una solución de NaOH 1 M y agua. Calcula el volumen de la solución de NaOH a utilizar, y la masa (en gramos) de ácido benzoico necesaria.
- (d) Se tiene una solución compuesta por ácido benzoico (**HBen**) y benzoato de sodio (**NaBen**), en la cual se verifica que las concentraciones en el equilibrio son $[\text{HBen}] = [\text{Ben}^-] = 0,100 \text{ M}$. A 200 mL de dicha solución se le agregan 10 mL de HCl 0,500 M, y se requiere que el pH no varíe en más de $\pm 0,25$ unidades tras la perturbación. ¿Cumple esta solución con dicho requerimiento? Puedes considerar volúmenes aditivos.
- (e) En un procedimiento similar al del ítem (c), por error se utilizó una solución de amoníaco (NH_3) en lugar de NaOH ($K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$). Se mezclaron 60 mL de una solución 0,100 M de **HBen** con 40 mL de una solución de NH_3 0,050 M. Puedes considerar volúmenes aditivos.
- (i) Escribe la reacción de neutralización que ocurre entre el ácido benzoico y el amoníaco. Calcula la constante de equilibrio de esta reacción.
- (ii) Calcula el pH de la solución resultante.

PARTE B

La fluorita es un mineral abundante en la corteza terrestre, compuesto por fluoruro de calcio (CaF_2). Presenta una gran relevancia industrial por ser la principal fuente de iones fluoruro, empleados en diversos procesos químicos. La yttriofluorita es un mineral mucho menos común, estructuralmente similar a la fluorita, pero que contiene además fluoruro de itrio (YF_3) en su composición. El itrio es un elemento de creciente importancia, utilizado en aplicaciones tecnológicas como pantallas, láseres y superconductores, entre otras.

Datos: $K_{ps}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 6,5 \times 10^{-6}$; $K_{ps}(\text{LiF}) = 1,7 \times 10^{-3}$; $K_{ps}(\text{YF}_3) = 8,6 \times 10^{-21}$
 $M_r(\text{NaF}) = 42 \text{ g/mol}$

A menos que se indique lo contrario, considera que **los únicos equilibrios relevantes son los de solubilidad**.

Se coloca un exceso de CaF_2 sólido en un vaso de precipitados que contiene 50 mL de agua pura. Luego de alcanzado el equilibrio, se determina mediante espectrofotometría que la concentración de iones calcio en la solución saturada es $[\text{Ca}^{2+}] = 2,10 \times 10^{-4} \text{ M}$.

- (f) Calcula la constante del producto de solubilidad (K_{ps}) del CaF_2 .
- (g) El Ca(II), además de precipitar con fluoruro, puede formar precipitados con iones hidroxilo (OH^-), dependiendo del pH de la solución. ¿Cuál es el valor máximo de pH que puede tener la solución saturada de CaF_2 sin que se produzca la precipitación de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)?

El ion fluoruro, además del calcio o el itrio, puede precipitar otros cationes de la tabla periódica. Esto posibilita su uso en procesos de recuperación y separación de metales por filtración.

- (h) Se disponen de 50 mL de una solución acuosa de LiCl 0,50 M, y se desea recuperar el Li(I) mediante la precipitación de LiF por agregado de NaF. ¿Cuál es la mínima masa de NaF (en gramos) que debe agregarse para que precipite al menos el 99 % del Li(I) presente?

El ion fluoruro participa además en un equilibrio ácido-base con el agua ($pK_a(\text{HF}) = 3,20$). Al bajar el pH lo suficiente, una fracción apreciable del F^- se convierte en HF , reduciendo su concentración efectiva y desplazando el equilibrio de solubilidad hacia la disolución de los precipitados.

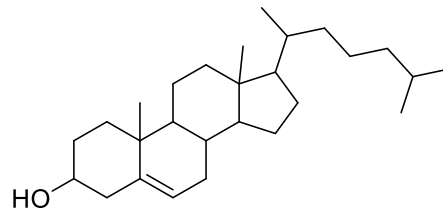
- (i) Indica si las siguientes afirmaciones son Verdaderas (V) o Falsas (F):

1. Como la K_{ps} del YF_3 es mucho menor que la K_{ps} del LiF, puedo afirmar sin necesidad de hacer ninguna cuenta que la solubilidad del YF_3 es mucho menor que la del LiF.	
2. Si se agrega lentamente NaF a una solución que contiene $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{Total}} = [\text{Y}^{3+}]_{\text{Total}} = 2,10 \times 10^{-4} \text{ M}$ (a pH 7), se observa primero la precipitación del YF_3 .	
3. Si se agrega lentamente NaF a una solución que contiene $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{Total}} = [\text{Y}^{3+}]_{\text{Total}} = 2,10 \times 10^{-4} \text{ M}$ (a pH 7), cuando comienza a precipitar el CaF_2 , la concentración de Y(III) que permanece en solución es menor al 99 % del total.	
4. La solubilidad del CaF_2 es mucho mayor a pH 5,5 que en agua pura (pH 7).	
5. La solubilidad del CaF_2 es mucho mayor a pH 1,5 que en agua pura (pH 7).	

Ejercicio 2 (20 Puntos)

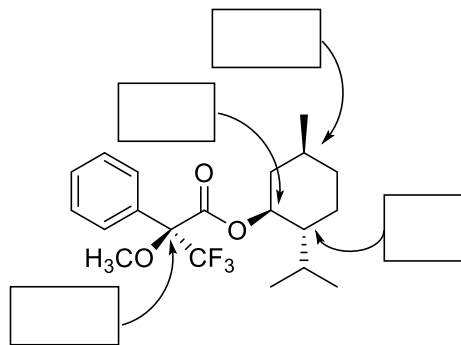
Un cambio en la disposición espacial de los átomos en una molécula puede alterar drásticamente sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que es crucial en campos como la farmacología, la biotecnología y la ciencia de materiales. Un ejemplo histórico clave es el del desastre de la talidomida, donde un enantiómero era seguro y el otro causaba graves malformaciones congénitas, resaltando la necesidad de comprender y controlar la estereoquímica para el desarrollo de fármacos seguros y eficaces

1. Señala sobre la estructura cuáles son los carbonos asimétricos del colesterol. Redondea cada uno con un círculo.

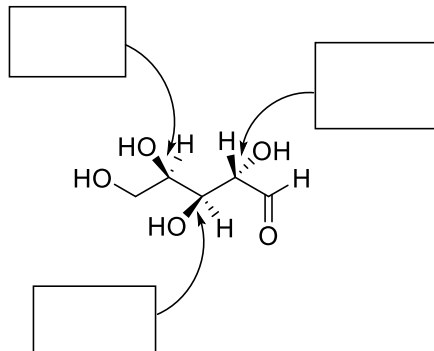


2. Indica la estereoquímica absoluta (R/S) de los carbonos que se señalan

a)

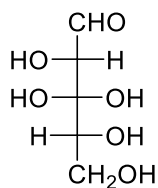


b)

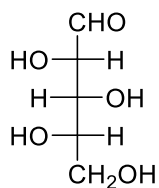




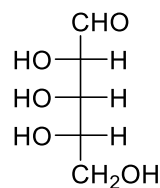
3. Dadas las siguientes proyecciones de Fischer



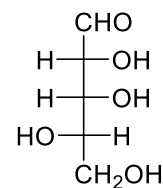
A



B



C



D

a) Indica cuál corresponde a la molécula del ítem 2 b)

b) ¿Cuál es la relación entre los compuestos A y D?

Enantiómeros

Diastereómeros

Idénticas

Ninguna

c) ¿Cuál es la relación entre los compuestos B y C?

Enantiómeros

Diastereómeros

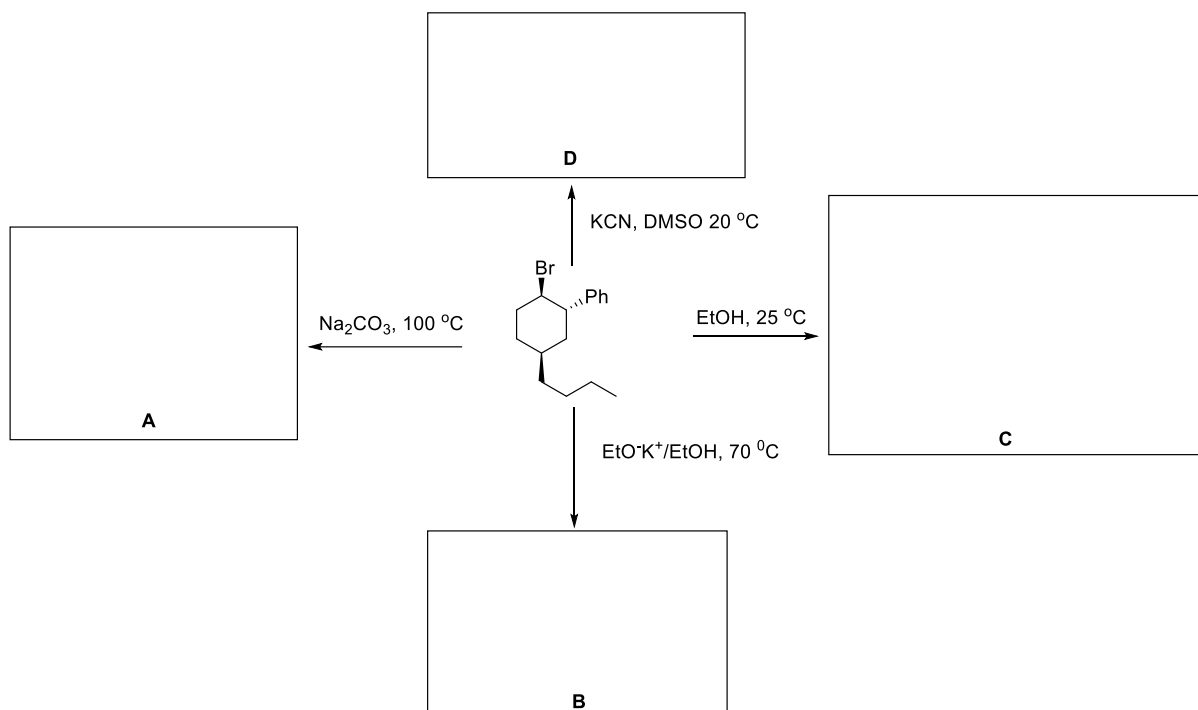
Idénticas

Ninguna

Ejercicio 3 (46 Puntos)

Las reacciones de sustitución y eliminación son fundamentales en química orgánica porque permiten la síntesis de una vasta gama de compuestos químicos esenciales para la industria, como plásticos, combustibles, fármacos y productos de cuidado personal. El dominio de estas reacciones es vital para diseñar y optimizar la producción de sustancias químicas diarias y para el desarrollo de nuevas tecnologías.

1. Completa el siguiente esquema de reacciones proporcionando estructuras para A, B, C y D. Cada letra puede representar **más de un compuesto**. Indicar claramente la **estereoquímica** de los carbonos asimétricos.



Los alquenos son precursores sintéticos clave para la fabricación de una amplia gama de productos, incluyendo polímeros, anticongelantes, detergentes y adhesivos. Su doble enlace carbono-carbono les otorga alta reactividad, facilitando la formación de nuevos enlaces y la creación de moléculas orgánicas más complejas y materiales diversos.

2. Completa el siguiente esquema de reacciones proporcionando estructuras para B, C, D, E, G y H y condiciones para los reactivos 1 y 2. Cada letra puede representar **más de un compuesto**. Para **B, C, D** y **E**, indicar claramente la **estereoquímica** de los carbonos asimétricos.

