

***OCAACQ***

**El Salvador 2023**

**EXAMEN TEÓRICO**

### Instrucciones generales para el examen teórico

1. Este examen contiene **53 hojas** para 5 problemas teóricos y tiene una duración total de 5:30 horas. La Tabla Periódica de los Elementos se encuentra al final de este folleto. No separe las páginas. A lo largo del examen podrás utilizar la parte de atrás en blanco de las páginas para cálculos adicionales o cualquier cosa que necesites.
2. Comienza cuando te lo indiquen.
3. Antes de iniciar tu trabajo, tendrás 30 minutos para leer cuidadosamente todo el examen.
4. En algunos problemas, podrás encontrar al final datos adicionales que serán necesarios para que puedas resolverlos.
5. Resuelva el examen completo con bolígrafo o lapicero de tinta negra (NO escriba con lápiz).
6. Escribe tu nombre y tu código de identificación en el encabezado de la primera hoja.
7. Usa solamente la calculadora que se te ha proporcionado. No se permitirá el préstamo de ningún material durante el desarrollo de la prueba.
8. Dispondrás de 5 horas para llevar a cabo la prueba y escribir tus respuestas en los espacios correspondientes. **Lo que escribas fuera de los cuadros o en la parte de atrás en blanco de las páginas que se encuentran en el examen, no será evaluado.**
9. Se dará un aviso 15 minutos antes de finalizar el tiempo estipulado.
10. Cuando escuches la señal de terminar, deja de trabajar inmediatamente, en caso contrario, el problema que estés escribiendo será anulado.
11. Cuando termines el examen coloca todas tus hojas en el sobre provisto, ciérralo en presencia del profesor que supervisa el examen. Solamente las hojas que se encuentren en el sobre cerrado serán corregidas.
12. No salgas del aula de examen antes de que te lo autoricen.
13. **Es esencial que entregues el enunciado del examen con su nombre y que te asegures que todas las páginas lleven tu código.**

### Constantes, Fórmulas y Ecuaciones

Constante de Avogadro	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante Universal de los gases	$R = 8.3145 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ $R = 0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Presión atmosférica	$1 \text{ atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$
Cero de la escala Celsius	$273.15 \text{ K}$

Ecuación del gas ideal	$PV = nRT$
Relación entre $C_p$ y $C_v$	$C_p - C_v = nR$
Propiedades de Logaritmo	$\ln(xy) = \ln(x) + \ln(y)$ $\ln(x/y) = \ln(x) - \ln(y)$ $\ln(x^n) = n \ln(x)$
Ecuaciones de velocidad	$[A] = [A]_0 e^{-kt}$ $\ln[A] - \ln[A]_0 = -kt$ $[A] = [A]_0 / (1 + kt[A]_0)$ $1/[A] - 1/[A]_0 = -kt$
pH	$\text{pH} = -\log[H^+]$ $\text{pH} = -\log(C_0 K_a)^{1/2}$ $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2})$ $\text{pH} = \text{p}K_a + \log [A^-]/[HA]$

Nombre:	Código:
---------	---------

Numeral	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Puntaje	1.0	1.5	1.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	4.0	15.5

### Problema Teórico 01 (12 %)

#### Análisis de cationes metálicos mediante titulaciones complejométricas



En *Vogel's: Textbook of quantitative chemical analysis*, uno de los textos clásicos del análisis químico, se encuentra descrito el procedimiento para la determinación de Mg(II), Zn(II) y Mn(II) en disolución acuosa, por medio de una titulación complejométrica con EDTA ( $Y^{4-}$ ). El análisis se realiza a pH=10 en un medio amortiguado con buffer de  $NH_4^+/NH_3$  a una concentración total ( $C_T$ ) de 0.1 mol/L para prevenir la precipitación de los hidróxidos metálicos correspondientes.

Así mismo, es importante considerar que bajo dichas condiciones todos estos iones metálicos, al igual que el Ca(II), forman un complejo color rojo vino con el indicador Negro de Eriocromo T (NET), el cual a su vez presenta una coloración azul cuando se encuentra en su forma libre. El método



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023

propuesto también considera el enmascaramiento de Mg(II) y Zn(II) a través de la formación de las especies  $MgF_{2(s)}$  y  $Zn(CN)_4^{2-}_{(ac)}$ , respectivamente, mediante la adición de los reactivos adecuados a la muestra. La información termodinámica relacionada con esta determinación aparece en la siguiente tabla:

Condiciones de amortiguamiento del medio de reacción	Constantes de equilibrio condicionales*
buffer de $NH_4^+/NH_3$ a pH=10 y $C_T = 0.1$ mol/L	$\log K'_f{}^{Ca/Y} = 10.3$ $\log K'_f{}^{Mg/Y} = 8.2$ $\log K'_f{}^{Zn/Y} = 10.1$ $\log K'_f{}^{Mn/Y} = 13.4$
buffer de $NH_4^+/NH_3$ a pH=10 y $C_T = 0.1$ mol/L, NaF 0.5 mol/L	$\log K'_f{}^{Mg/Y} < 0$ $\log K'_f{}^{Zn/Y} = 10.1$ $\log K'_f{}^{Mn/Y} = 13.4$
buffer de $NH_4^+/NH_3$ a pH=10 y $C_T = 0.1$ mol/L, KCN 0.5 mol/L	$\log K'_f{}^{Mg/Y} = 8.2$ $\log K'_f{}^{Zn/Y} < 0$ $\log K'_f{}^{Mn/Y} = 13.4$

\*La constante de equilibrio condicional representa el valor efectivo de la constante de equilibrio bajo condiciones de amortiguamiento determinadas.

**El Salvador 2023**

En el laboratorio se realizó la estandarización del EDTA y posteriormente el análisis de una muestra problema de Mg(II), Mn(II) y Zn(II) como se indica a continuación:

- I. A una alícuota de 20.0 mL de disolución de Ca(II) 0.01 mol/L (preparada a partir de  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  como patrón primario) se le añade suficiente NET en su forma sólida, además de una cantidad de buffer de  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  a pH=10, tal que su concentración total sea igual a 0.1 mol/L. Después, se titula con una disolución de EDTA, requiriéndose 19.8 mL del titulante para observar el vire del indicador de rojo a azul.

1. Calcule la concentración de EDTA (1.0 punto)

- II. Luego, a una alícuota de 10.0 mL de la muestra problema se le añade suficiente NET en su forma sólida, además de una cantidad de buffer de  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  a pH=10, tal que su concentración total en la muestra sea de 0.1 mol/L. Se obtiene así la disolución A. Posteriormente, la disolución A se titula con el EDTA, siendo necesario gastar 23.0 mL del titulante para observar el vire del indicador de rojo a azul. Se obtiene así la disolución B.

2. Escriba la reacción o reacciones químicas que ocurren al añadir EDTA a la disolución A (1.5 puntos)



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023

3. Determine la concentración total del ion o de los iones determinados en el paso II (1.0 punto)

III. Después, a la disolución B se le añade un exceso de NaF sólido para alcanzar una concentración total de fluoruros de aproximadamente 0.5 mol/L y se agita durante 1 minuto. Se añaden a continuación 20.0 mL de disolución de Mn(II) 0.01 mol/L. Se mantiene la agitación y el color de la disolución cambia de azul a rojo nuevamente. Se titula entonces con la disolución de EDTA, requiriéndose 12.0 mL del titulante para observar el vire del indicador de rojo a azul. Se obtiene así la disolución C.

4. Escriba la reacción química que ocurre al añadir NaF a la disolución B (2.0 puntos)

**El Salvador 2023**

5. Determine la concentración total del ion o de los iones metálicos determinados en el paso III (1.50 puntos)

IV. En una última etapa, a la disolución C se añade un exceso de KCN sólido para alcanzar una concentración total de cianuros de aproximadamente 0.5 mol/L y se agita durante 1 minuto. Inmediatamente se agregan 20.0 mL de Mn(II) 0.01 mol/L. Se mantiene la agitación y el color de

**El Salvador 2023**

la disolución cambia de azul a rojo nuevamente. Finalmente, se titula con la disolución de EDTA y se gastan 15.0 mL del titulante para observar el vire del indicador de rojo a azul.

6. Escriba la reacción química que ocurre al añadir KCN a la disolución C (2.0 puntos)

7. Determine la concentración total del ion o de los iones analizados en esta sección (1.5 puntos)



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023

8. Marque con una “x” la opción correcta para el orden descendente de reactividad con EDTA de los iones metálicos presentes en la muestra problema durante la realización del punto II del procedimiento experimental (1.0 punto).

a. 1. Zn(II), 2. Mg(II), 3. Mn(II) ☐

b. 1. Mn(II), 2. Zn(II), 3. Mg(II) ☐

c. 1. Mg(II), 2. Zn(II), 3. Mn(II) ☐

d. 1. Zn(II), 2. Mn(II), 3. Mg(II) ☐

9. Un estudiante de la Olimpiada Centroamericana y del Caribe de Química desea preparar 200 mL de buffer de  $NH_4^+/NH_3$  a pH=10 y una concentración total de 0.1 mol/L para utilizarla posteriormente en el análisis de más muestras problema mediante titulaciones complejométricas como las descritas en este problema. Para esto, el estudiante cuenta con  $NH_3$  concentrado (28 % m/m y  $\rho = 0.9$  g/mL) y con una disolución de HCl 12 mol/L.

Calcule el volumen de ambas disoluciones que requiere mezclar para preparar el buffer deseado. Considere que el par  $NH_4^+/NH_3$  posee un valor de  $pK_a$  igual a 9.2 (4.0 puntos).



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador





## El Salvador 2023

\_\_\_\_\_

Nombre:	Código:
---------	---------

Numeral	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Puntaje	10.0	8.0	2.0	6.0	3.0	4.0	8.0	1.5	1.5	44.0

### Problema Teórico 02 (12.00 %)

## Síntesis de fármacos

## Parte 1: Síntesis del ibuprofeno



En El Salvador, la industria farmacéutica una de las más pujantes del país, teniendo más de 35 laboratorios productores y que alrededor del 50% de estos producen ibuprofeno en diferentes formas o presentaciones farmacéuticas, que se distribuyen para todos los establecimientos médicos del país.

A continuación, podrá observar el inicio de la síntesis de “**IBUPROFEN-ES**”, la cual consta de 5 pasos; sin embargo, el laboratorio al momento solo tiene ciertos reactivos y la ruta está incompleta, quedando el proceso en pausa. El esquema del proceso se presenta a continuación:



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



**Jóvenes  
TALENTO  
El Salvador**



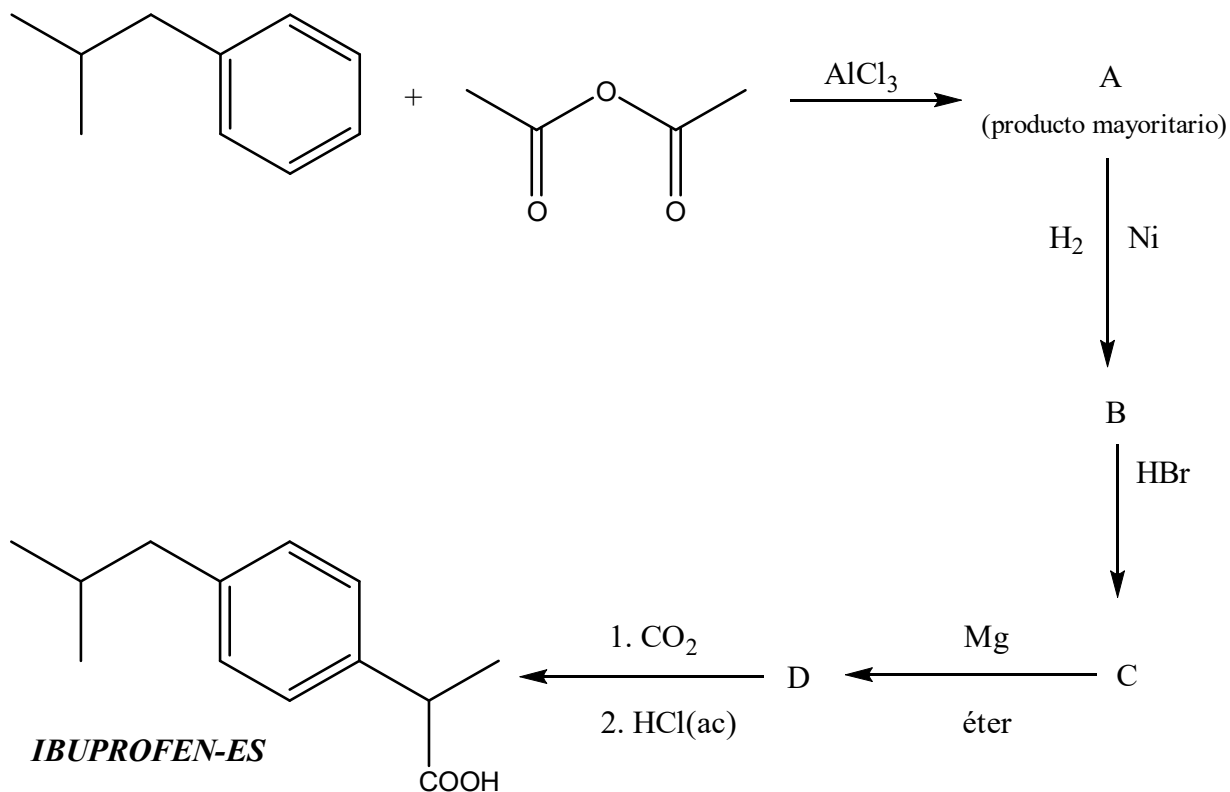


**OCACQ**  
El Salvador 2023

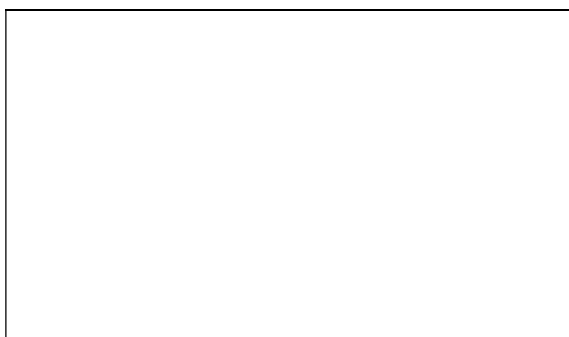
# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

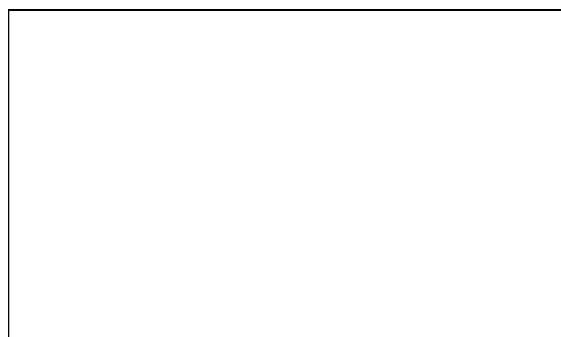
**El Salvador 2023**



1. Con base al esquema anterior, dibuje las estructuras de los productos A, B, C y D (10.0 puntos).



**Compuesto A**



**Compuesto B**



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

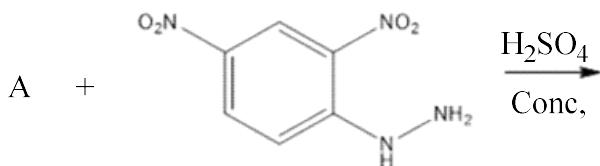
Código:

**El Salvador 2023**

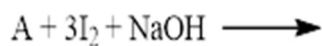
**Compuesto C**

**Compuesto D**

2. Para confirmar la identidad del compuesto A, se plantean dos reacciones químicas. Escriba el producto esperado en el recuadro correspondiente e indique la evidencia de que la reacción fue positiva (8.0 puntos).



Evidencia de la  
reacción:



+



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

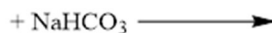
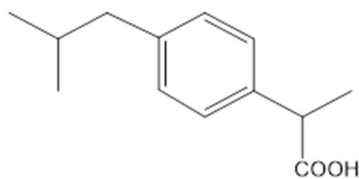
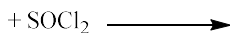
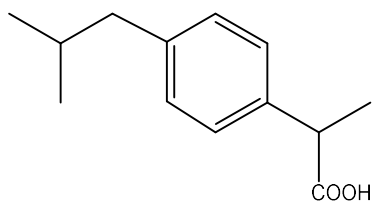
Código:

**El Salvador 2023**

Evidencia de la  
reacción:

3. Escriba el nombre IUPAC del Ibuprofeno (2.0 puntos).

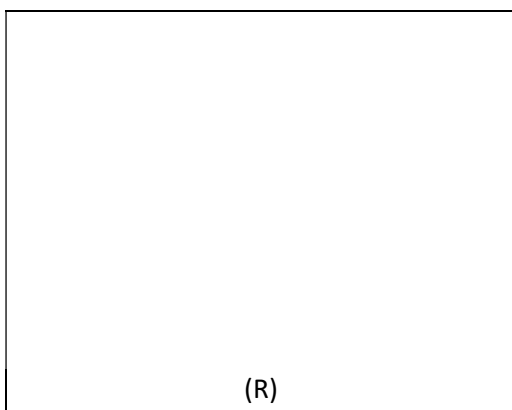
4. Se realiza una serie de reacciones rápidas para el ibuprofeno. Complete las siguientes reacciones químicas, incluyendo a todos los subproductos (6.0 puntos).



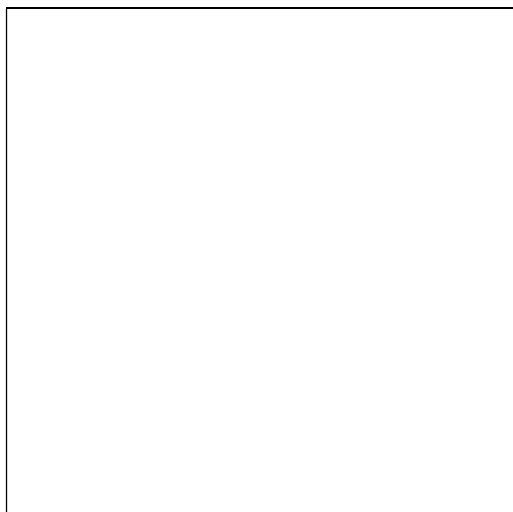
**El Salvador 2023**

5. Otro de los aspectos fundamentales a evaluar en la producción de fármacos es conocer la estereoquímica, ya que la reacción farmacológica depende de esta. La mayoría de las veces se produce la mezcla racémica y el ibuprofeno no es la excepción, se dice incluso que el enantiómero S es 160 veces más activo que su enantiómero.

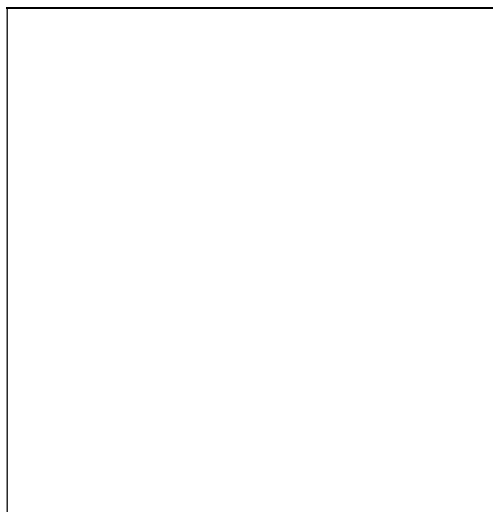
Dibuja la estructura de los enantiómeros (R) y (S) en proyección de cuña y línea e indique con un asterisco el carbono quiral (3.0 puntos)



6. Dibuja las estructuras de Fischer para ambos enantiómeros (4.0 puntos).



Enantiómero (R)



Enantiómero (S)

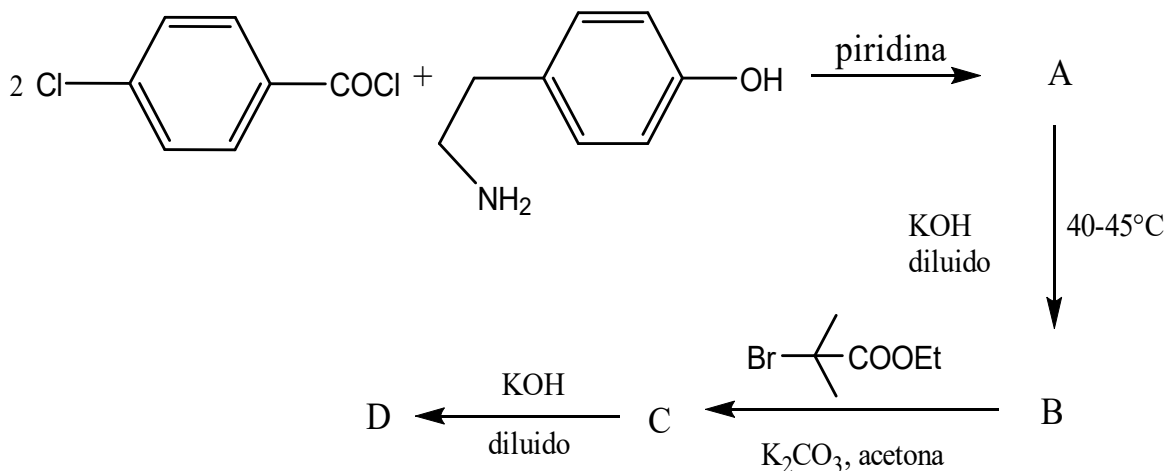
## El Salvador 2023

### Parte 2: Síntesis del Bezafibrato



En la actualidad uno de los problemas de salud que se ha vuelto más común es la de los niveles elevados de colesterol y triglicéridos en sangre, según estadísticas el 50 -55 % de la población de España y América Latina padece de estas enfermedades.

Por ello, la fabricación de **BEZAFIBRATO** es de suma importancia para tratar los valores altos de estas enfermedades como complemento de otras medidas no farmacológicas (ejercicio, pérdida de peso, dieta), cuando éstas no son suficientes.



**El Salvador 2023**

7. A partir de la ruta de síntesis anterior del Bezafibrato, dibuje las estructuras de los productos A, B, C y D (8.0 puntos)

**Compuesto A**

**Compuesto B**

**Compuesto C**

**El Salvador 2023**

**Compuesto D (BEZAFIBRATO)**

8. Escribe el nombre de los grupos funcionales derivados de ácidos carboxílicos que puedes identificar en la ruta de síntesis del **BEZAFIBRATO** (1.5 puntos).

1:

2:

3:

9. Ordene los tres derivados de ácido anteriores de mayor a menor reactividad (1.5 puntos).

Nombre:	Código:
---------	---------

Numeral	1	2	3	4	5	6	7	Total
Puntaje	2.0	5.0	11.0	3.0	24.0	4.0	8.0	75.0

### Problema Teórico 03 (12 %)

#### Energía de un relleno sanitario



En la municipalidad de Nejapa, del departamento de San Salvador, se encuentra establecida una planta de generación eléctrica a partir de biogás obtenido de un relleno sanitario, el cual es recolectado y enviado para su procesamiento.

La planta tiene una potencia de 6 mega watts y utiliza el metano obtenido de la metanogénesis de la fermentación de la biomasa, contribuyendo así con la disminución del impacto de los gases de invernadero, el tratamiento y aprovechamiento de los desechos orgánicos en la obtención de energía renovable.

La metanogénesis o biometanación es la formación de metano mediante los procesos metabólicos de la arquea metanógena de biomasa en ambientes anaerobios. La producción es un importante y ampliamente distribuido proceso metabólico microbiano en condiciones anóxicas, este constituye el último paso en la descomposición de biomasa.

De manera simplificada las dos rutas que mejor describen el proceso involucran el dióxido de carbono y el ácido acético como los últimos aceptores de electrones:



Considerando que (1) solo aporta el 33% de la metanogénesis.

1. Calcule los moles de dióxido de carbono y ácido acético consumidos por cada mol de metano formado (2.0 puntos).

Moles de dióxido de carbono:	Moles de ácido acético:

Para obtener energía, el metano obtenido, se utiliza en motores de combustión interna acoplados a generadores eléctricos.

2. Considerando las ecuaciones termoquímicas, obtenga la ecuación balanceada de combustión del metano y calcule la entalpía asociada a ésta en  $\text{kJ mol}^{-1}$ . Asuma una combustión completa y que el agua formada se encuentra en estado gaseoso (5.0 puntos).

--



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023

La densidad energética de un combustible es la cantidad de energía que puede obtenerse para una masa dada de éste. En la industria utilizar el combustible con mayor densidad energética es más eficiente y ventajoso desde un punto de vista operativo.

3. A partir de sus cálculos, seleccione cuál de los siguientes combustibles tienen la mayor densidad energética en  $\text{kJ kg}^{-1}$  para ser usado en la planta generadora. ¿Carbón (asumir que es Carbono al 100%), metano o gasolina (asumir que es octano al 100%)?. Si no calculo la entalpía de combustión del metano, utilice el valor hipotético de  $-660 \text{ kJ mol}^{-1}$  (11.0 puntos)

**El Salvador 2023**

**Mayor densidad energética:**

Como medida de seguridad y, cuando la planta se encuentra en mantenimiento, el biogás es dirigido a la planta de quemado y destrucción de gas el cual tiene como objetivo la captación y control de gases del relleno sanitario.

Considere que un tanque de almacenamiento de  $97 \text{ m}^3$  de capacidad se encuentra lleno al 100% de gas metano a  $25^\circ\text{C}$  y 15 atm de presión, completamente cerrado para la prueba. Como diseño de la planta, se simula un incendio alrededor de los tanques de almacenamiento; considerando que los tanques tienen una resistencia máxima de 30 atm antes de un fallo catastrófico.

4. Calcule la temperatura máxima que puede alcanzar un tanque de almacenamiento rígido antes de una explosión durante un incendio en la planta (3.0 puntos)

Como parte de las pruebas de seguridad, los tanques de almacenamiento se analizan ante la mitigación del daño de onda de choque interno.

Una onda de choque es generada por un frente de presión, gases moviendo a mayor velocidad que el sonido, el cual suele ser resultado de una explosión o un objeto moviéndose a mayor velocidad que el sonido.

**El Salvador 2023**



**Figura 1. Onda de choque generada por la deflagración de la pólvora (concéntrica) y del proyectil moviéndose a velocidad supersónica (cónica).**

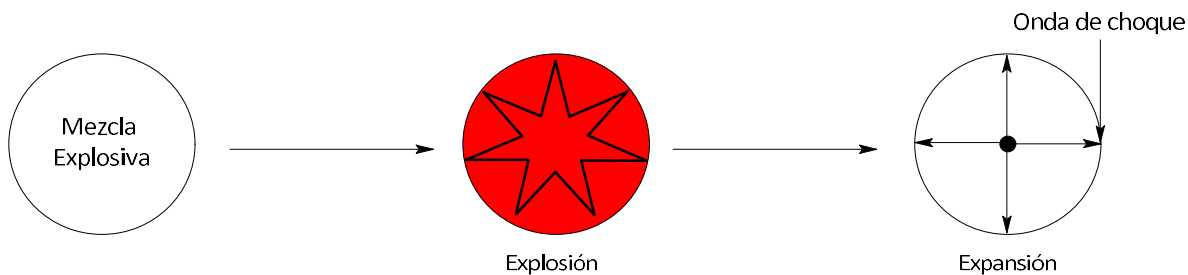
Para realizar el ensayo se toma una muestra de 50 mL de gases a 25°C y 6.867 atm conteniendo metano (2.916%), propano (7.289%), eteno (4.374%) y dióxígeno (oxígeno molecular) puro (85.42%). (Porcentajes volumétricos)

La mezcla se hace explotar dentro del tanque de almacenamiento previamente vaciado a 25°C, observando una combustión completa.

El tanque fue inspeccionado exhaustivamente buscando daños por onda de choque. Se observaron daños significativos en las paredes del tanque.

El proceso químico de una explosión puede analizarse mediante dos mecanismos químicos. El primero consiste en una reacción en cadena (radicalaria), que, dadas las condiciones disponen de muchos centros de crecimiento radicalario. El segundo, cuando una reacción de combustión se lleva a cabo rápidamente, en un volumen pequeño, se eleva drásticamente la temperatura de los gases; esto da como resultado un incremento masivo de la presión en dicho volumen, el cual genera una onda de choque al sufrir la subsecuente expansión.

## El Salvador 2023



**Figura 2. Etapas de una explosión**

De manera simplificada, asuma que el volumen de muestra del pozo colector sufrió la explosión dentro del tanque. Como el proceso es muy rápido, puede considerarse que no intercambia calor.

- Determine la presión inicial de la onda de choque. Asuma que el calor a volumen y a presión constante son iguales para la combustión (24.0 puntos)



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador



## El Salvador 2023

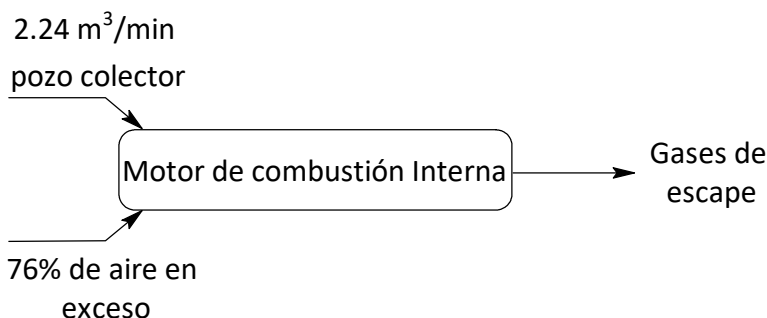
Anteriormente hemos considerado que las reacciones de combustión se dan con oxígeno puro. En la realidad los motores de combustión interna usados en la planta generadora utilizan aire.

Dependiendo de las condiciones de operación de un motor de combustión interna, este puede operar con menos aire que el teórico (mezcla rica o deficiencia de aire) ó con más aire del teórico (mezcla pobre o exceso de aire).

Uno de los aspectos más peligrosos del uso de motores de combustión en espacios cerrados y con poca ventilación es la acumulación de monóxido de carbono, el cual es sumamente tóxico y ha sido el causante de muchos accidentes mortales a nivel mundial.

Incluso usando el aire teórico ó aire en exceso la producción de monóxido de carbono es inevitable. En el escape de un motor de combustión se coloca un catalizador que ayuda a convertir el monóxido de carbono en dióxido de carbono.

Se analiza el funcionamiento de uno de los generadores eléctricos. El motor de combustión acoplado se alimenta con una corriente de aire según el siguiente diagrama:



Porcentajes del diagrama en composición volumétrica. Medidos a 25°C y 1 atm de presión.

**El Salvador 2023**

6. Considerando que el metano se convierte en un 80% en dióxido de carbono, el 15% en monóxido y el resto sale sin quemarse (porcentajes volumétricos). Calcule la cantidad de aire (en kg aire/mol de  $\text{CH}_4$ ) que debe de introducirse al motor (4.0 puntos)

En la búsqueda de combustibles alternativos, el de mayor relevancia, es el hidrógeno. Este puede quemarse de manera limpia. Sin embargo, las dificultades de producción, almacenamiento, transporte y facilidad de alcanzar mezclas explosivas con el aire son necesarias de superar para convertirlo en el combustible del futuro.

El hidrógeno puede sintetizarse a partir del metano mediante un proceso llamado reformado del vapor de agua. El cual consiste en la reacción del metano con agua en estado gaseoso a alta temperatura y presión moderada para formar hidrógeno y monóxido de carbono gaseosos.

El reformado se realiza a  $1370\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a una presión inicial de 1.60 atm y a volumen constante.



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023

7. Considerando que la  $K_p$  a la temperatura anterior tiene un valor de 28.6 se hacen reaccionar 1000 mol de metano con 1000 moles de agua. Calcule el grado de avance de la reacción en porcentaje de metano convertido (8 puntos).



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

**El Salvador 2023**

## Datos adicionales:

- Ecuaciones termoquímicas, todas las energías en  $\text{kJ mol}^{-1}$

a)	$\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$	$\Delta H^0 = -44$
b)	$2\text{O}(g) \rightarrow \text{O}_2(g)$	$\Delta H^0 = -249$
c)	$\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow 2\text{H}(g) + \text{O}(g)$	$\Delta H^0 = 847$
d)	$\text{C}(\text{grafito}) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g)$	$\Delta H^0 = -394$
e)	$\text{CO}_2(g) \rightarrow \text{C}(\text{grafito}) + 2\text{O}(g)$	$\Delta H^0 = 643$
f)	$\text{C}(\text{grafito}) + 2\text{H}_2(g) \rightarrow \text{CH}_4(g)$	$\Delta H^0 = -75$
g)	$\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$	$\Delta H = -41^*$
h)	$2\text{H}(g) \rightarrow \text{H}_2(g)$	$\Delta H^0 = -436$

\* Medida a 373.15 K

- Entalpías de formación.

$\Delta_f H^\circ$  ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ):  $\text{CO}_2 = -394$ ;  $\text{H}_2\text{O} = -242$  ( gas); octano: -224; eteno: 33

- Entalpías de combustión.

Propano: -2220  $\text{kJ mol}^{-1}$ ; Eteno: -1409  $\text{kJ mol}^{-1}$

- Calores específicos a presión y volumen constantes

	$\text{CO}_2(g)$	$\text{H}_2\text{O}(g)$	$\text{O}_2(g)$
$C_p \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	37.22	33.55	29.38
$C_v \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	28.83	25.39	21.06

- Composición en masa del aire: 23%  $\text{O}_2$  77%  $\text{N}_2$ .



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador





**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

**El Salvador 2023**

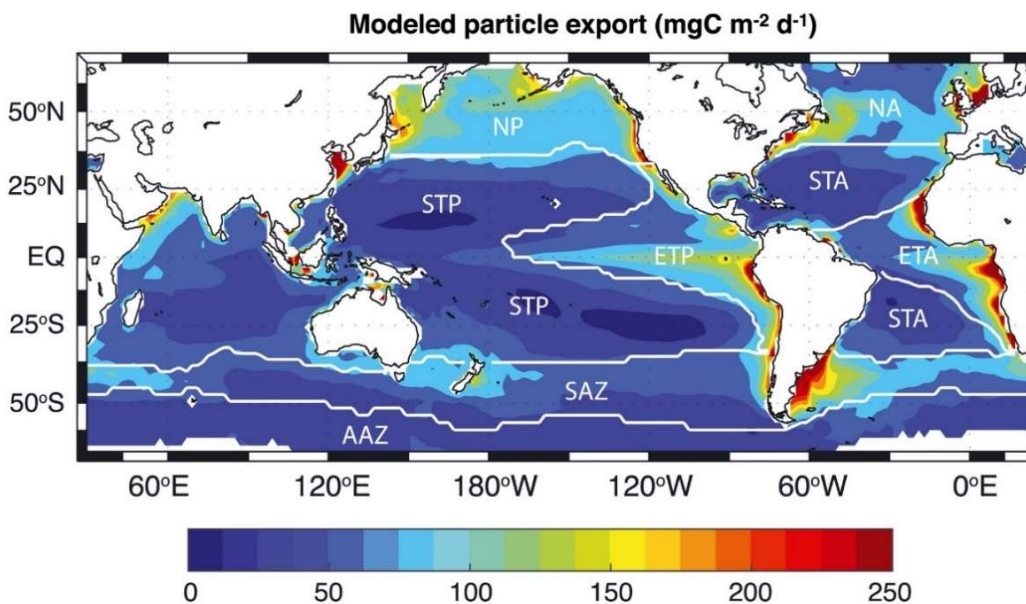
•

Nombre:	Código:
---------	---------

Numeral	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Puntaje	4.5	2.0	0.5	3.0	0.5	1.0	1.0	1.0	2.0	0.5	1.5	16.0

## Problema Teórico 04 (12 %)

### Radioquímica y los océanos



Los océanos son un importante sumidero de dióxido de carbono atmosférico y juegan un papel clave en la regulación del clima. El dióxido de carbono es absorbido por los océanos y puede ser disuelto y transportado por las masas de agua o absorbido durante la fotosíntesis convirtiéndose en materia orgánica. Gran parte de esta materia orgánica se recicla en la superficie del océano al descomponerse. Sin embargo, una pequeña pero importante fracción de este material se hunde en las profundidades del océano donde permanece aislado de la atmósfera durante siglos.



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador



Los químicos ambientales utilizan radioisótopos para observar las fuentes y el destino de esta materia orgánica y así comprender el papel de los océanos en el ciclo global del carbono. El flujo de carbono hacia las profundidades del océano puede ser medido indirectamente utilizando los radionucleidos naturales: **A** ( $t_{1/2} = 24.1$  días), **C** ( $t_{1/2} = 138.4$  días), **D** ( $t_{1/2} = 22.2$  años) y **E** ( $t_{1/2} = 1.91$  años), que se adhieren al material particulado que se hunde hacia la profundidad del océano. La aplicación de estas herramientas en una variedad de entornos oceánicos, como los océanos polares y las zonas de afloramiento (donde las aguas frías y ricas en nutrientes "surgen" desde abajo), ayuda a determinar el alcance de este flujo descendente y evaluar su sensibilidad al cambio climático.

- El isótopo **A** es producido in-situ a partir del decaimiento del isótopo **B** ( $t_{1/2} = 4.5 \times 10^9$  años), por medio de un decaimiento alfa.
- El isótopo **D** se produce en toda la columna de agua tras la descomposición del  $^{226}\text{Ra}$  (con varios intermediarios entre ellos), y también se introduce en la superficie del mar desde la atmósfera, donde se forma por la descomposición del  $^{222}\text{Rn}$ , tras varios intermediarios. Prácticamente todo **C** en agua de mar se forma in situ por desintegración de **D**.
- El decaimiento de **D** produce el único intermediario  $^{210}\text{Bi}$  ( $t_{1/2} = 5.01$  días) y un electrón, y el decaimiento de este intermediario produce **C** y un electrón. El decaimiento de **C** produce  $^{206}\text{Pb}$  y  $^4\text{He}$ . El  $^{206}\text{Pb}$  es un isótopo de **D**.
- **E** es producido a partir de **F** ( $t_{1/2} = 5.7$  años) de la misma forma que **C** desde **D**, emitiendo en total 2 electrones vía el intermediario  $^{228}\text{Ac}$ .
- **A** es un isótopo de **E** con una masa atómica de 6 u.m.a mayor que **E**.

1. Escriba las 3 secuencias de reacciones nucleares para la formación de **A**, **C** y **E**. Identifique **A**, **B**, **C**, **D**, **E** y **F** (4.5 puntos)



**OCACQ**  
El Salvador 2023

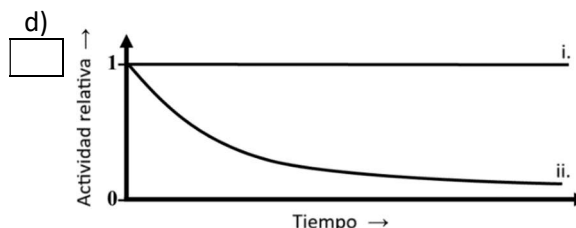
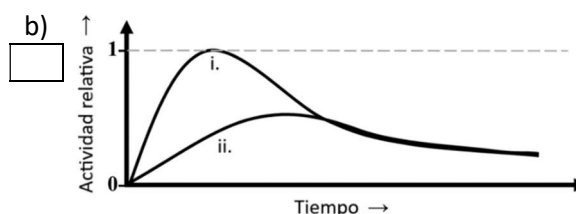
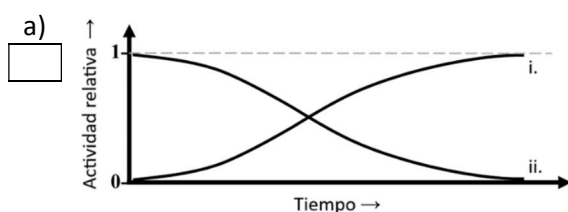
# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023

En el caso del par de isótopos **A** y **B**, existe un equilibrio radiactivo secular. Un equilibrio secular se da cuando la tasa de producción y la tasa de decaimiento del isótopo hijo (**A**) son iguales. Ya que **B** tiene una vida media extremadamente larga y no co-precipita con el material particulado en el mar, al alcanzarse el equilibrio secular el número de átomos de **A** permanece constante en el tiempo.

2. Si sabemos que el decaimiento de un isótopo *i* obedece una ley de velocidad de primer orden “tasa de decaimiento =  $-\lambda_i N_i$ ”, donde *N* es el número de átomos del isótopo *i* y  $\lambda$  es la constante de decaimiento. Marque con una “x” el gráfico que muestre la evolución en la tasa de decaimiento de **A** y **B**, según el tiempo transcurrido desde 0 hasta 241 días, cuando ya se ha alcanzado el equilibrio secular. Asuma que a  $t = 0$ , el número de átomos de **A**=0, lo que sería el caso luego de un evento de proliferación masivo de microalgas (2.0 puntos).



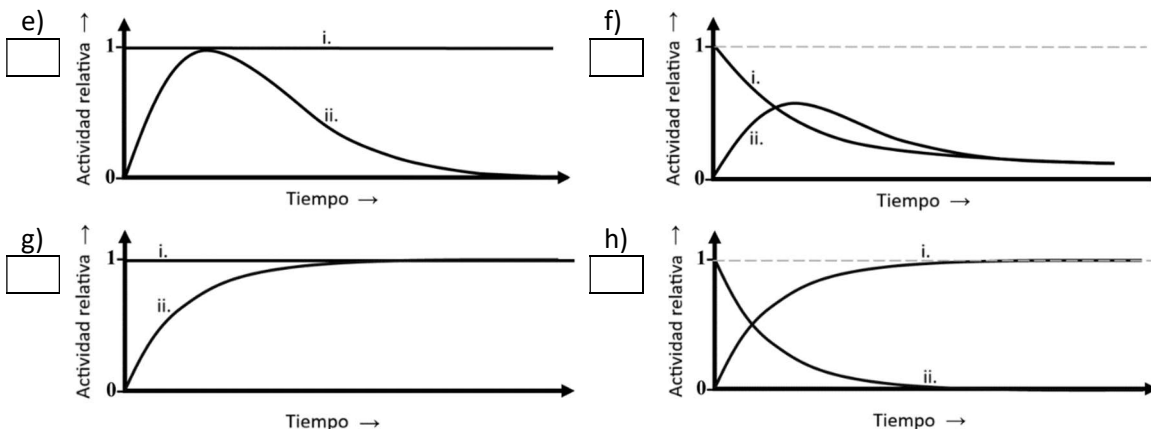


# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

**OCACQ**  
El Salvador 2023

**El Salvador 2023**



3. A partir del grafico escogido, marque con una "x" la curva que representa al isótopo **A**.

Isótopo A:

Curva i.

☐

Curva ii.

☐

4. Marque con una "x" la o las afirmaciones que explican el comportamiento de **A** y **B** hasta alcanzar el equilibrio secular dentro de un periodo de tiempo de 241 días. En otras palabras, justifican la elección del grafico en la pregunta anterior (3.0 puntos)

- ☐ a) Al alcanzar el equilibrio secular, ambos isótopos decaen a la misma velocidad
- ☐ b) La actividad máxima del radioisótopo padre (**B**) es al inicio ( $t = 0$ ).
- ☐ c) La actividad máxima del radioisótopo hijo (**A**) es al inicio ( $t = 0$ ).
- ☐ d) La actividad del radioisótopo hijo es siempre menor o igual a la actividad del radioisótopo padre.
- ☐ e) La tasa de producción del radioisótopo **A** disminuye con el tiempo.
- ☐ f) La tasa de decaimiento del radioisótopo **A** disminuye con el tiempo.
- ☐ g) Cuando  $t = 0$  ambas actividades no pueden ser 0.

## El Salvador 2023

Con frecuencia, la producción de rayos gamma acompaña a las reacciones nucleares. En la desintegración beta de **A**, además de la partícula beta se emiten 3 rayos gamma de diferentes energías: 63.2 keV, 92.38 keV y 92.80 keV. Semiconductores como el Ge son utilizados para mediciones cuantitativas de rayos gamma con una excelente resolución energética ( $\sim 0.25$  keV). En condiciones estándar, el germanio es un elemento semimetálico de color blanco plateado quebradizo. Esta forma constituye un alótropo conocido como  $\alpha$ -germanio, que tiene un brillo metálico y una estructura cristalina cúbica de diamante. Las técnicas de refinación por zonas han llevado a la producción de germanio cristalino para semiconductores con tan solo una impureza en  $10^{10}$  de átomos, uno de los materiales más puros jamás obtenidos.



**Figura 1: Detectores de Ge para mediciones de rayos gamma**

5. Escriba la configuración electrónica abreviada del Ge (0.5 puntos).

Cuando se forma una molécula, los orbitales atómicos se superponen e hibridan. De manera similar, si un gran número de átomos idénticos se unen para formar un sólido, como una red cristalina, los orbitales de valencia de los átomos se superponen con los orbitales cercanos. Cada

**El Salvador 2023**

nivel de energía discreto se divide en tantos niveles como orbitales atómicos originarios, la mayoría con una energía diferente. Dado que el número de átomos en una pieza macroscópica de sólido es un número muy grande ( $N = \sim 10^{22}$ ), el número de orbitales es muy grande y, por lo tanto, están muy próximos en niveles de energía. La energía de los niveles adyacentes está tan cerca que se pueden considerar como continuo o una banda de energía.

Tanto el Si como el Ge pertenecen al mismo grupo que el carbono en la tabla periódica, y los cristales de Si y Ge tienen la misma estructura que los diamantes. Sin embargo, el Si y Ge son semiconductores mientras que los diamantes no lo son. Además, como puede ser observada en la fotografía anterior, los cristales de Ge deben ser enfriados a 77 K con nitrógeno líquido.

6. Explique la relación entre la semiconductividad del Si y el Ge y las tendencias periódicas (1.0 punto).

La celda unitaria de la estructura cristalina del Ge se presenta a continuación al lado izquierdo, adonde los átomos amarillos se encuentran completamente dentro de la celda unitaria, utilizando la mitad de los sitios tetraédricos. Al expandir la estructura cristalina (derecha), es visible que la estructura puede ser expresada como una combinación de celdas unitarias más sencillas adonde todos los átomos grises forman una estructura cristalina cubica centrada en las caras entrelazada con otra estructura cristalina compuesta por los átomos amarillos. Para mejor visualización, las aristas de las celdas unitarias de los átomos grises están coloreadas de verde, mientras que las aristas de la estructura formada por átomos amarillos están marcadas en amarillo. La longitud de las aristas de ambas celdas unitarias es la misma.

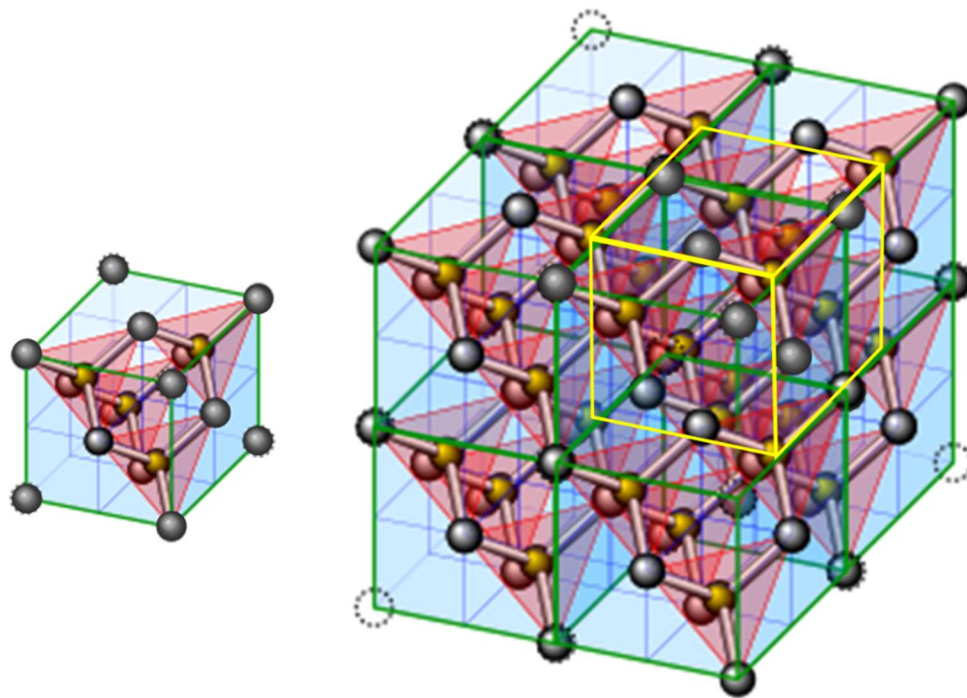


**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

**El Salvador 2023**



7. ¿Cuál es el tipo de celda unitaria marcada con aristas amarillas? Marque con una “x” la opción que presente la celda unitaria correspondiente y la justificación adecuada (1.0 punto).

- ☐ a) Cubica sencilla. Los 4 átomos amarillos dentro de la celda gris representan la celda cubica sencilla
- ☐ b) Cubica centrada en el cuerpo. En ninguna de las caras es visible átomos amarillos, pero se observan átomos dentro de la celda
- ☐ c) Cubica centrada en las caras. Es visible 2 átomos en las caras anterior y posterior en la celda marcada en amarillo.
- ☐ d) Cubica sencilla. Todos los átomos amarillos están en el vértice de alguna celda unitaria. Los átomos visibles dentro de la celda unitaria marcada son una ilusión óptica.
- ☐ e) Cubica centrada en el cuerpo. Los átomos grises forman el centro del cuerpo.
- ☐ f) Cubica centrada en las caras. Es visible un átomo en el centro de las caras superior y derecha en la celda marcada en amarillo



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023

8. ¿Cuál es la distancia mínima entre 2 átomos de Ge en la “estructura gris” (cubica centrada en las caras)? (1.0 punto)

9. En cristalografía, el factor de empaquetamiento atómico (FEA), es la fracción de volumen en una celda unidad que está ocupada por átomos. ¿Cuál sería el FEA de una celda unitaria cubica centrada en las caras conformada solo por átomos grises? (2.0 puntos)

**El Salvador 2023**

Históricamente **A** y **E** fue medido en muestras de agua de mar mediante su coprecipitación con hidróxido de hierro. A la muestra acidificada a  $\text{pH} < 1$ , se adhiere una alícuota de cloruro de hierro(III) y luego de agitación constante por 1 hora, el pH es devuelto a 7-8 con una solución amoniacal al 25%. El precipitado resultante es secado y medido en detectores de Ge.

10. Escriba las reacciones balanceadas involucradas en la coprecipitación del hidróxido de hierro (0.5 puntos).

De la misma forma que **A**,  $^{226}\text{Ra}$  y **F** son coprecipitados con sulfato de bario.  $^{226}\text{Ra}$ , **A**, **E**, **F** pueden ser precipitados desde la misma muestra de agua y ser medidos simultáneamente en los detectores de Ge ya que las emisiones gamma respectivas poseen diferentes energías. Para coprecipitar los 4 isotopos, a la muestra de agua se le agrega cloruro de bario al mismo tiempo que el cloruro férrico y al concluir el tiempo de agitación se agrega  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  seguido de la solución amoniacal al 25%.

Sin embargo, al ser un metal alcalinotérreo, el bario contiene trazas de  $^{226}\text{Ra}$  ( $t_{1/2} = 1600$  y) por lo que la barita ( $\text{BaSO}_4$ ) es preferida como materia prima sobre compuestos de bario más jóvenes,

**El Salvador 2023**

producidos industrialmente. Siendo un mineral natural, la barita contiene menos  $^{226}\text{Ra}$ . Para extraer Ba como cloruro de bario, la barita es mezclada con carbonato de sodio y carbonato de potasio (en proporción 1:1) en un crisol de Pt. La fusión alcalina es llevada a cabo a más de  $712^{\circ}\text{C}$  por 5 horas. Luego, el carbonato de bario resultante es disuelto agregando pequeñas cantidades de ácido clorhídrico caliente ( $80^{\circ}\text{C}$ ).

11. Escriba las reacciones balanceadas involucradas en la coprecipitación del sulfato de bario y la producción del cloruro de bario (1.5 puntos)

Nombre:	Código:
---------	---------

Numeral	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Puntaje	2.0	2.0	1.0	4.0	4.0	1.0	14.0	1.0	3.0	3.0	4.0	39.0

### Problema Teórico 05 (12 %)

#### Química Textil: Preparación, teñido y acabado de fibras de algodón.



La química juega un rol importante para sostener una de las industrias con mayor actividad económica en El Salvador, la industria textil ha alcanzado datos históricos de hasta el 45% anual de las exportaciones totales del país; siendo El Salvador, uno de los principales países proveedores de prendas textiles para los Estados Unidos.

Dentro de la industria textil, existen diferentes fibras, como fibras sintéticas, semi-sintéticas y naturales, dentro de estas últimas tenemos la celulosa. La celulosa es una fibra proveniente del algodón y es uno de los tipos de fibras con mayor volumen en el mercado; los procesos de **preparación, teñido y acabado** de algodón, son procesos que se realizan en las plantas industriales instaladas en El Salvador. La tela de algodón cruda, contiene muchas grasas y aceites, por lo que se somete a un proceso de **preparación**, el cual consiste en retirar de la fibra, todas las sustancias hidrofóbicas, con el objetivo de obtener una fibra hidrofílica, la cual puede entrar al proceso de teñido en las plantas de tintorería; todos los procesos de teñido, son en medio acuoso; es esta, una de la razones por la que la fibra debe ser hidrofílica; después del teñido, la tela se completa con un proceso de acabado textil, donde se aplican suavizantes, resinas antiarrugas, etc., y por último es enviada a las maquilas para obtener las prendas según diseño y tamaños requeridos.

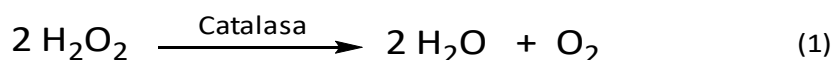
## El Salvador 2023



**Figura 1: Preparación, teñido, acabado y maquilado textil del algodón.**

Un proceso de preparación textil típico para obtener tela blanca hidrofílica se lleva a cabo en un reactor de 5000 L, necesita 0.6 % p/p de surfactantes de baja formación de espuma y generalmente con valores entre 5 y 15 de balance hidrofílico-lipofílico, conocido como HLB por sus siglas en inglés; 0.3 g L<sup>-1</sup> de secuestrantes de dureza y metales catiónicos, 2 g L<sup>-1</sup> de NaOH que se encarga de solubilizar y desmontar las grasas saponificables de la fibra y 2 mol L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrógeno, el cual en medio alcalino o en presencia de otros agentes activantes, reacciona con la materia oxidable de la fibra.

Al finalizar el proceso de preparación, el pH ha disminuido y se encuentra entre 7.5 y 9; el peróxido restante debe eliminarse para evitar la oxidación de los colorantes a utilizar en la siguiente etapa; por lo tanto, este se elimina utilizando concentraciones muy bajas de una enzima catalasa para reducir costos, de tal forma que en estas condiciones, el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual se descompone mediante la reacción (1), de primer orden, con respecto a la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:



1. ¿Cuál es la razón por la que al final del proceso de preparación, el pH ha disminuido? (2.0 puntos)



**OCACQ**  
El Salvador 2023

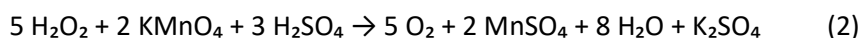
## XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

### El Salvador 2023

Para determinar cuánto tiempo hay que mantener el licor del proceso con  $\text{H}_2\text{O}_2$  residual en presencia de catalasa, hay que determinar cuánto tiempo se tarda la eliminación del peróxido de hidrógeno usando dicha enzima, para ello se monitorea el peróxido de hidrógeno, por permanganometría descrito en la reacción (2). En cada análisis, se toman alícuotas de 10.0 mL del licor de preparación, luego se acidifica con ácido sulfúrico y se titulan con permanganato de potasio al  $0.25 \text{ mol L}^{-1}$ .

La reacción de titulación balanceada es la siguiente:



Una vez finalizada la etapa de preparación, se asume que el  $\text{H}_2\text{O}_2$  residual ya no continúa reaccionando con ninguna otra especie, si no hasta que se agrega la catalasa; antes de adicionar la enzima, se midió el  $\text{H}_2\text{O}_2$  residual y para llegar al punto de equivalencia se requirieron 8.0 mL de  $\text{KMnO}_4$  al  $0.25 \text{ mol L}^{-1}$ .

2. Calcule la concentración en  $\text{mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  residual en los 5000 L de licor de preparación, una vez finalizada la etapa en mención (2.0 puntos).

**El Salvador 2023**

Se adiciona la enzima inmediatamente y se inicia el monitoreo en diferentes tiempos, consumiendo un volumen de 3.0 mL de valorante ( $\text{KMnO}_4$   $0.25 \text{ mol L}^{-1}$ ) a los 6 minutos de reacción.

3. Calcule la concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 6 minutos de reacción (1.0 punto).

4. Encuentre la constante de velocidad de la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno, catalizado por enzima, teniendo en cuenta que la reacción es de primero orden. Sino pudo calcular la concentración inicial de  $\text{H}_2\text{O}_2$  residual, utilice el valor hipotético de  $0.55 \text{ mol L}^{-1}$  y para los 6 min, un valor de  $0.20 \text{ mol L}^{-1}$  (4.0 puntos).



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023

5. Calcule el tiempo vida media (4.0 puntos).

**Nota:** si no ha podido resolver los ítems anteriores, considere una constante cinética de reacción con un valor de 0.15, acompañado de sus respectivas unidades.



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023

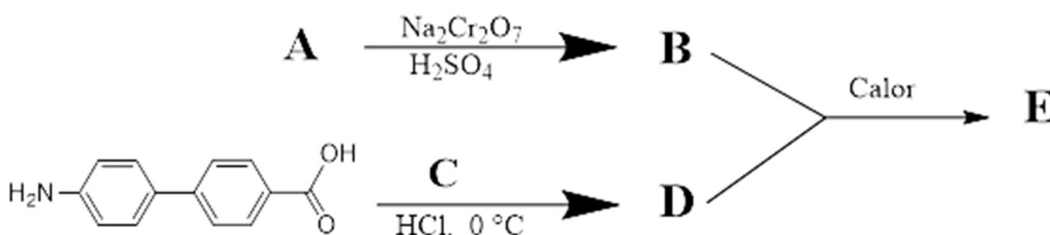
6. ¿Qué concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  se consumió en las reacciones de oxidación con las especies hidrofóbicas de la tela, durante el proceso de preparación? (1.0 punto)

Una vez eliminado el  $\text{H}_2\text{O}_2$  residual, puede iniciar el **proceso de teñido**.

**El teñido de algodón**, se puede realizar con colorantes a la tina (vat dyes), la mayoría de estos colorantes son derivados de la antraquinona, insolubles en agua, por lo que para que ocurra el teñido de la fibra, deben someterse a un proceso de reducción, donde al reducirse se convierten en especies solubles que son capaces de difundirse en la disolución acuosa de tintura hasta la superficie de la fibra, donde a la temperatura adecuada, el colorante soluble (reducido) ingresa a la fibra para ser posteriormente oxidado y fijado a la tela.

Los colorantes a la tina, son colorantes sintéticos, y pueden existir diferentes rutas de síntesis según sea el colorante de interés; en esta ocasión nos vamos a referir al Vat Yellow 33, este es un colorante con fórmula molecular  $\text{C}_{54}\text{H}_{32}\text{N}_4\text{O}_6$ , con una masa molar de  $832.87 \text{ g mol}^{-1}$ .

A continuación, en dos esquemas se plantea una posible ruta sintética del Vat Yellow 33.



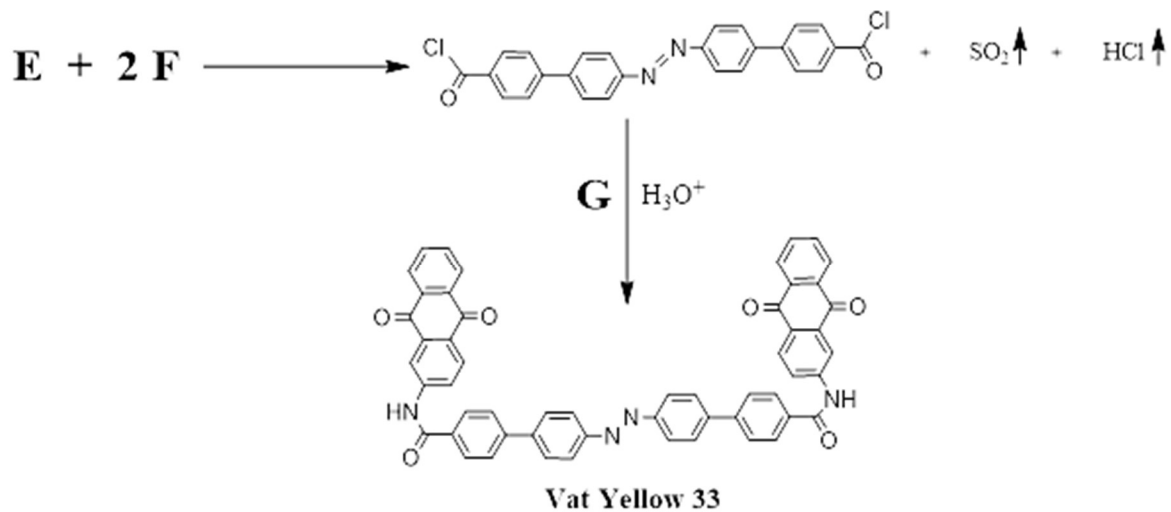


**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

**El Salvador 2023**



7. Utilizando los dos esquemas de reacción anteriores, complete las estructuras desde A-G, en los cuadros asignados (14.0 puntos).

A

B



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023



C



D



E



F



G



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador





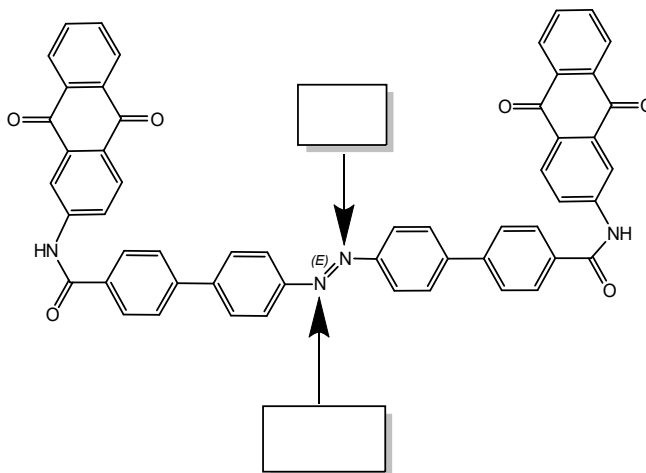
**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023

8. Indique la hibridación de los átomos de Nitrógeno señalados, presentes en la molécula de Vat Yellow 33 (1.0 punto).



El Vat Yellow 33 es una molécula insoluble que reacciona con ditionito de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) y sufre una reducción para volverse soluble y por difusión moverse hasta la superficie de la fibra; donde, a la temperatura correcta, el vat yellow 33 soluble, entra a la fibra para ser fijada por medio de una oxidación posterior que vuelve insoluble nuevamente al colorante.

9. Escriba la estructura de Lewis de la sal denominada ditionito de sodio (3.0 puntos)



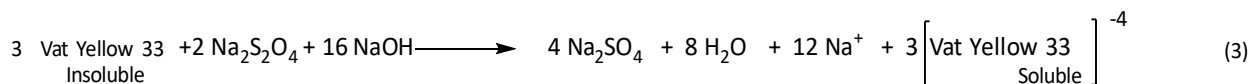
**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

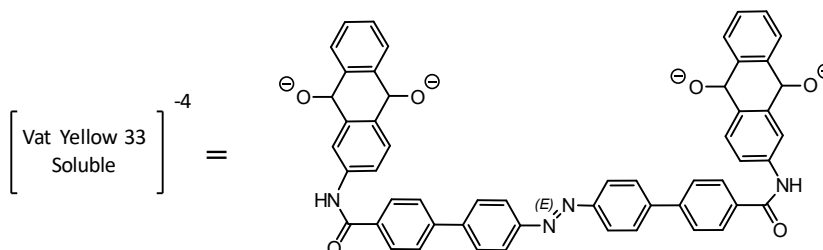
Código

## El Salvador 2023

La reacción REDOX balanceada que ocurre entre el ditionito de sodio y el vat Yellow 33, se muestra a continuación (3):



Dónde:



Los procesos de teñido de algodón con colorantes a la tina (vat dyes), se realizan en máquinas que ocupan 950 L de disolución de tintura que durante el proceso se mantienen selladas a presión constante y a una temperatura de 80 °C.

Para el proceso de teñido se decide colocar 3 g/L de Vat Yellow 33; además, 0.5 g/L de secuestrante de dureza, y una cantidad en exceso de NaOH a una pureza de 98% p/p; este exceso de NaOH es de 0.3 g/L.

10. Calcule la cantidad en kilogramos de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  que se debe adicionar para asegurar la totalidad de reacción del colorante (3.0 puntos)

**Nota:** Asuma que la cantidad de ditionito de sodio que debe adicionar, solo reaccionará con el colorante.

**El Salvador 2023**

Tomando en cuenta todas las reacciones involucradas, para finalizar la etapa de teñido, se requiere neutralizar esta disolución y luego realizar ciclos de lavado para remover restos de colorante y otros auxiliares. Para neutralizar se agregan 0.84 kg de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ .  $\text{pK}_a = 4.8$ ).

11. Calcule el pH de la disolución previo a iniciar los ciclos de lavado (4.0 puntos).



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código

## El Salvador 2023



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador



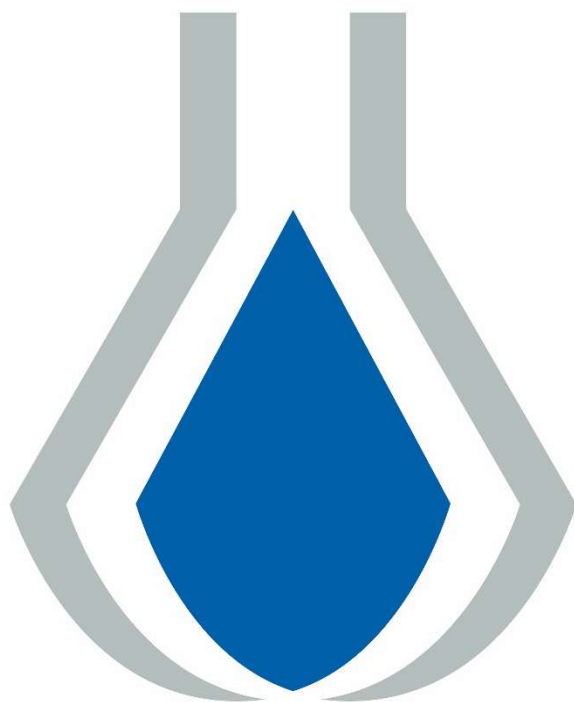
# Tabla Periódica de los Elementos

	1																18	
1	<div>1 H 1.008</div>	2											13	14	15	16	17	<div>2 He 4.003</div>
2	<div>3 Li 6.941</div>	<div>4 Be 9.012</div>	Elementos de Transición										<div>5 B 10.81</div>	<div>6 C 12.01</div>	<div>7 N 14.01</div>	<div>8 O 16.00</div>	<div>9 F 19.00</div>	<div>10 Ne 20.18</div>
3	<div>11 Na 22.99</div>	<div>12 Mg 24.31</div>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<div>13 Al 26.98</div>	<div>14 Si 28.09</div>	<div>15 P 30.98</div>	<div>16 S 32.07</div>	<div>17 Cl 35.45</div>	<div>18 Ar 39.95</div>
4	<div>19 K 39.10</div>	<div>20 Ca 40.08</div>	<div>21 Sc 44.96</div>	<div>22 Ti 47.87</div>	<div>23 V 50.94</div>	<div>24 Cr 52.00</div>	<div>25 Mn 54.94</div>	<div>26 Fe 55.85</div>	<div>27 Co 58.93</div>	<div>28 Ni 58.69</div>	<div>29 Cu 63.55</div>	<div>30 Zn 65.41</div>	<div>31 Ga 69.72</div>	<div>32 Ge 72.61</div>	<div>33 As 74.92</div>	<div>34 Se 78.96</div>	<div>35 Br 79.90</div>	<div>36 Kr 83.80</div>
5	<div>37 Rb 85.47</div>	<div>38 Sr 87.62</div>	<div>39 Y 88.91</div>	<div>40 Zr 91.22</div>	<div>41 Nb 92.91</div>	<div>42 Mo 95.94</div>	<div>43 Tc (97.9)</div>	<div>44 Ru 101.1</div>	<div>45 Rh 102.9</div>	<div>46 Pd 106.4</div>	<div>47 Ag 107.9</div>	<div>48 Cd 112.4</div>	<div>49 In 114.8</div>	<div>50 Sn 118.7</div>	<div>51 Sb 121.8</div>	<div>52 Te 127.6</div>	<div>53 I 126.9</div>	<div>54 Xe 131.3</div>
6	<div>55 Cs 132.9</div>	<div>56 Ba 137.3</div>	<div>57 La 138.9</div>	<div>72 Hf 178.5</div>	<div>73 Ta 180.9</div>	<div>74 W 183.8</div>	<div>75 Re 186.2</div>	<div>76 Os 190.2</div>	<div>77 Ir 192.2</div>	<div>78 Pt 195.1</div>	<div>79 Au 197.0</div>	<div>80 Hg 200.6</div>	<div>81 Tl 204.4</div>	<div>82 Pb 207.2</div>	<div>83 Bi 209.0</div>	<div>84 Po (209.0)</div>	<div>85 At (210.0)</div>	<div>86 Rn (222.0)</div>
7	<div>87 Fr (223.0)</div>	<div>88 Ra (226.0)</div>	<div>89 Ac (227.0)</div>	<div>104 Rf (261.1)</div>	<div>105 Db (262.1)</div>	<div>106 Sg (263.1)</div>	<div>107 Bh (262.1)</div>	<div>108 Hs (265)</div>	<div>109 Mt (266)</div>	<div>110 Ds (271)</div>	<div>111 Rg (272)</div>	<div>112 Cn (285)</div>	<div>113 Uut (284)</div>	<div>114 Fl (289)</div>	<div>115 Uup (288)</div>	<div>116 Lv (292)</div>	<div>117 Uus (294)</div>	<div>118 Uuo (294)</div>

6 Lantánidos

7 Actínidos

<b>58</b> <b>Ce</b> 140.1	<b>59</b> <b>Pr</b> 140.9	<b>60</b> <b>Nd</b> 144.2	<b>61</b> <b>Pm</b> (144.9)	<b>62</b> <b>Sm</b> 150.4	<b>63</b> <b>Eu</b> 152.0	<b>64</b> <b>Gd</b> 157.3	<b>65</b> <b>Tb</b> 158.9	<b>66</b> <b>Dy</b> 162.5	<b>67</b> <b>Ho</b> 164.9	<b>68</b> <b>Er</b> 167.3	<b>69</b> <b>Tm</b> 168.9	<b>70</b> <b>Yb</b> 173.0	<b>71</b> <b>Lu</b> 174.0
<b>90</b> <b>Th</b> 232.0	<b>91</b> <b>Pa</b> 231.0	<b>92</b> <b>U</b> 238.0	<b>93</b> <b>Np</b> (237.1)	<b>94</b> <b>Pu</b> (244.1)	<b>95</b> <b>Am</b> (243.1)	<b>96</b> <b>Cm</b> (247.1)	<b>97</b> <b>Bk</b> (247.1)	<b>98</b> <b>Cf</b> (251.1)	<b>99</b> <b>Es</b> (252.1)	<b>100</b> <b>Fm</b> (257.1)	<b>101</b> <b>Md</b> (258.1)	<b>102</b> <b>No</b> (259.1)	<b>103</b> <b>Lr</b> (260.1)



***OCAACQ***

**El Salvador 2023**

**EXAMEN PRÁCTICO**

### Instrucciones generales para el Examen Práctico

1. Este examen práctico contiene **22 hojas** para 2 problemas experimentales. La Tabla Periódica de los Elementos se encuentra en la última página de este folleto. No separes las páginas. A lo largo del examen podrás utilizar la parte de atrás en blanco de las páginas para cálculos adicionales o cualquier cosa que necesites.
2. Durante todo el tiempo que estés en el laboratorio, debes estar equipado con gabacha y guantes.
3. Debes trabajar en una forma segura y respetuosa, conservando el material y la mesa de trabajo limpios. Consulta con el instructor de laboratorio si posees alguna pregunta acerca de las normas de seguridad.
4. Este examen práctico tiene una duración de 5 horas. Antes de iniciar tu trabajo experimental, lee cuidadosamente todo el examen práctico y revisa los espacios para las respuestas. Identifica donde está todo el material que vas a utilizar. Tienes 30 minutos para leer el examen y planificar tu trabajo experimental. Si tienes duda sobre el nombre de algún material, no olvides revisar detenidamente la hoja con los materiales disponibles de la prueba.
5. Comienza la prueba cuando se te dé la señal de inicio.
6. Dispondrás de 4 horas con 30 minutos para llevar a cabo la prueba y registrar tus resultados en los espacios correspondientes. **Se sugiere que comiences por el problema práctico 01.**
7. Para medir con las pipetas, deberás utilizar únicamente la pera de succión.
8. Está prohibido comer en el laboratorio. Podrás pedir autorización al instructor del laboratorio para ir al baño o para beber agua.
9. Escribe todas tus respuestas con bolígrafo (**no uses lápiz**).
10. Escribe tu nombre y tu código de identificación en el encabezado de la primera hoja. Adicionalmente, deberás escribir tu código en cada hoja del examen.
11. Solo debes usar el material que se te ha dado y tu calculadora.
12. En el caso que necesites más reactivos, esto será penalizado con dos (2) puntos porcentuales por cada solicitud, mientras si requieres el reemplazo de cualquier material de vidrio, esto será penalizado con un (1) punto porcentual por cada solicitud. **Se muy cuidadoso en el manejo de los reactivos, ya que se te ha proporcionado la cantidad necesaria para trabajar.**
13. Debes escribir todas tus respuestas en los espacios reservados en los cuadros de respuestas. **Lo que escribas fuera de los cuadros o en la parte de atrás en blanco de las páginas que se encuentran en el examen, no será evaluado.**
14. Se dará un aviso 15 minutos antes de finalizar el tiempo previsto para la prueba.
15. Cuando escuches la señal de terminado, debes dejar de trabajar inmediatamente, de lo contrario el problema que estés resolviendo será anulado.



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

## El Salvador 2023

16. Al completar el examen debes poner todas sus hojas en el sobre recibido y sólo deberás cerrarlo en presencia del ayudante del laboratorio. Sólo las hojas que correspondan al sobre cerrado serán reconocidas y calificadas.
17. No se puede abandonar el laboratorio sin tener autorización.
18. **Es esencial que entregues el enunciado del examen con tu nombre y que te asegures que todas las páginas lleven tu código.**



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador





**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

## El Salvador 2023

REACTIVOS DISPONIBLES		
1	Acetato de etilo (AcOEt)	5 ml
2	Ácido 4-aminobenzoico (en vial para TLC)	0.2 g
3	Ácido 4-aminobenzoico (PABA)	0.5 g (en Erlenmeyer de 50 ml)
4	Ácido sulfúrico concentrado (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1 ml
5	Agua destilada	c/s
6	Agua destilada libre de CO <sub>2</sub>	100 ml
7	Cubo de hielo en bolsa para recristalización	1
8	Cubos de hielo en bolsa para reflujo (en bolsa)	6
9	Etanol (EtOH)	6 ml
10	Fenolftaleína	5 ml
11	Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	18 ml
12	Hidrógenoftalato de potasio 1.5x10 <sup>-2</sup> mol L <sup>-1</sup> (KHF)	100 ml
13	Hidróxido de sodio (NaOH)	100 ml
14	Hidróxido de sodio 10 % (NaOH)	10 ml
15	Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	20 ml
16	Muestra (Sprite)	50 ml
17	Papel filtro para embudo Büchner	2 (1 pesado)
18	Papel filtro para recristalización	1
19	Placa cromatográfica de 3 x 5 cm	1

MATERIALES DISPONIBLES		
1	Agitador de vidrio	1
2	Aro metálico	1
3	Beaker o vaso de precipitados 100 ml	2
4	Beaker o vaso de precipitados 150 ml	2
5	Beaker o vaso de precipitados 50 ml	3
6	Bureta 25 ml	1
7	Embudo Büchner	1
8	Embudo de Plástico	1
9	Embudo de vidrio	1
10	Etiquetas para rotular	4
11	Frasco Lavador o pizeta	1



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador





**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

## El Salvador 2023

12	Hoja en blanco de apoyo para la valoración	1
13	Kitazato 250 ml	1
14	Magneto para agitación	1
15	Matraz Erlenmeyer 125 ml	6
16	Matraz Erlenmeyer 50 ml	1
17	Microespátula (espátula de metal)	1
18	Papel Toalla	1
19	Pera de Succión de 3 válvulas (propipeta)	1
20	Pinza de extensión	1
21	Pinza para Bureta	1
22	Pipeta Mohr 1.0 ml (pipeta graduada)	1
23	Pipeta Pasteur plástica	2
24	Pipeta volumétrica 10.0 ml	1
25	Pipeta volumétrica 25.0 ml	1
26	Probeta 10 m (cilindro graduado)	2
27	Recipiente para descarte	1 por mesa
28	Recipiente plástico para baño de agua	1
29	Regla	1
30	Soporte Universal	2
31	Tubo capilar	2
32	Tubo de hemólisis (tubo de ensayo pequeño)	2
33	Vidrio de reloj	2

EQUIPOS DISPONIBLES		
1	Cámaras con lámpara UV	2 en total
2	Hot-plate (parrilla de calentamiento)	1
3	Sistema de filtración al vacío	1
4	Tableta para utilizar como cronómetro	1



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador





**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

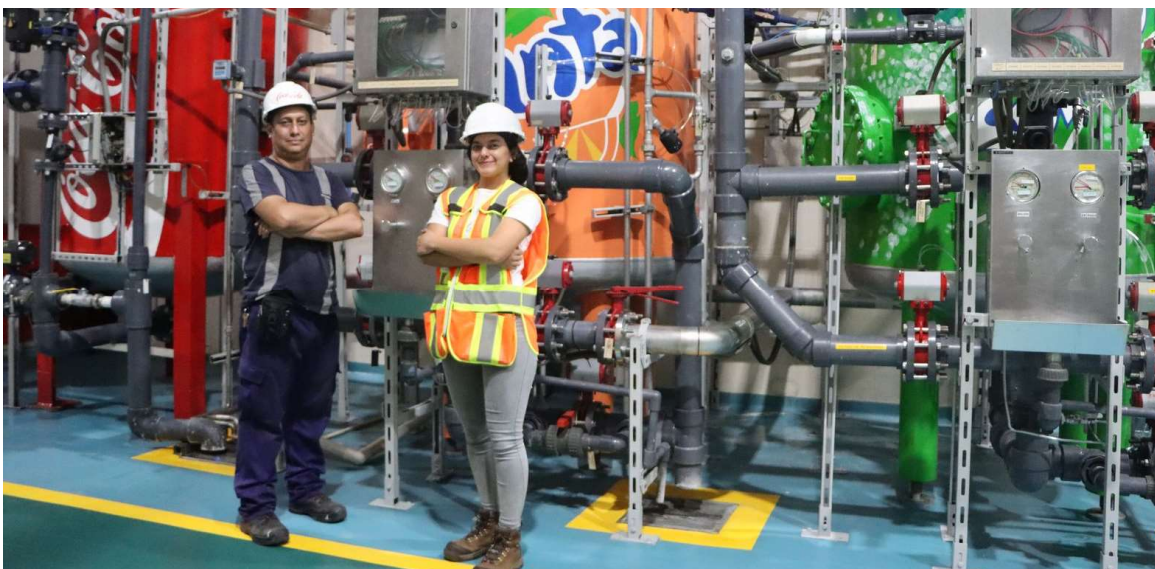
## El Salvador 2023

Nombre:	Código:
---------	---------

Numeral	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Puntaje	12.0	2.0	2.0	12.0	3.0	3.0	1.0	1.0	36.0

### Problema Práctico 01 (20 %)

Una exploración química del contenido de una bebida carbonatada.



En este problema, realizarás la determinación de la acidez total titulable de la bebida carbonatada denominada Sprite™. En El Salvador, esta bebida es distribuida por Industrias La Constancia, que fue la primera empresa en dedicarse a la producción de cerveza en el país y en establecer la primera planta embotelladora de bebidas gaseosas en el departamento de San Salvador.

Las bebidas carbonatadas tienen un sabor ácido, pues además de la “carbonatación” (inyección de dióxido de carbono bajo presión), muchos refrescos contienen ácido cítrico y/o ácido fosfórico. En



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



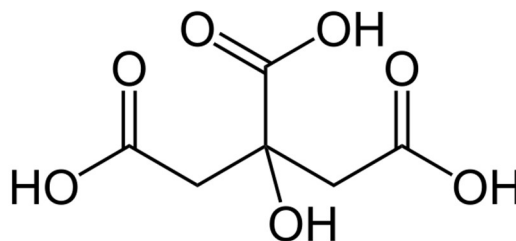
Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador



## El Salvador 2023

esta oportunidad, centraremos nuestra atención en el ácido cítrico pues se encuentra en refrescos con sabor a cítricos como la Sprite. El ácido fosfórico, normalmente, se encuentra en refrescos más oscuros como las colas.

Se busca agregar ácido cítrico a las bebidas en cantidades similares a las presentes en las frutas para imitar su sabor. Las frutas y los jugos de frutas contienen mezclas de ácidos débiles; pero, es el ácido cítrico el predominante en naranjas y otros cítricos, constituyendo entre un 5 a 6% de su jugo; mientras que el ácido tartárico es el mayoritario en jugos de uvas; el ácido málico, en manzanas; y el ácido succínico, en jugos de arándanos.



**Figura 1. Estructura del ácido cítrico (HOOCCH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C(OH)COOH**

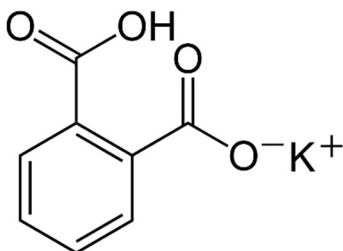
**Datos: Masa molar = 192.124 g mol<sup>-1</sup>, pK<sub>a1</sub>=3.15; pK<sub>a2</sub>=4.77; pK<sub>a3</sub>=6.40**

La acidez total titulable de esta bebida puede determinarse por volumetría, usando hidróxido de sodio como valorante y fenolftaleína como indicador (intervalo de transición de pH 8.2-9.8). La acidez total, en este caso, se expresa como la cantidad de ácido cítrico contenida en un volumen determinado de muestra, pues la mayoría del ácido carbónico se removerá por calentamiento controlado.

En el problema, no se proporciona la concentración de la disolución de NaOH, por lo que antes tendrás que realizar su estandarización utilizando una disolución de hidrogenoftalato de potasio, una sal del ácido ftálico (pK<sub>a1</sub>=2.89, pK<sub>a2</sub>=5.51), cuya concentración es exactamente conocida pues es una sustancia clasificada como patrón primario.

Como indicador de esta valoración también se empleará a la fenolftaleína. El viraje de la fenolftaleína se produce cuando todo el hidrogenoftalato de potasio ha reaccionado, formándose ftalato de sodio y potasio.

**El Salvador 2023**



**Figura 2. Estructura del hidrogenoftalato de potasio ( $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ).**

**Datos:** Masa molar del  $\text{KHF}$  =  $204.22 \text{ g mol}^{-1}$ .

**Procedimiento experimental**

**Parte A. Estandarización de la disolución de hidróxido de sodio.**

- Rotule un beaker de 150 ml como  $\text{NaOH}$  y coloque parte de la disolución en él.
- Limpie las parades internas (enjuague) de su bureta con aproximadamente 10 ml de la disolución de **NaOH** que estará estandarizando. Utilice un embudo de plástico para agregar la disolución a la bureta.
- Llene y afore la bureta con la disolución de **NaOH**.
- Rotule un beaker de 150 ml como  $\text{KHF}$  y coloque la disolución del estándar primario, hidrogenoftalato de potasio ( $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ) (**KHF**), en él.
- Ambiente su pipeta volumétrica de 25.0 ml con una pequeña porción de la disolución estándar de **KHF**.
- Mida 25.0 ml de la disolución de **KHF** con la pipeta volumétrica y transfíralo a uno de sus matraces Erlenmeyer de 125 ml.
- Agregue 10 ml de **agua destilada**, medidos con una probeta, al matraz Erlenmeyer y 5 gotas del indicador **Fenolftaleína**.
- Valore el contenido del matraz Erlenmeyer hasta alcanzar una coloración rosa pálida duradera. Haga uso de la hoja blanca proporcionada para tener un fondo blanco, tanto abajo del matraz como atrás del mismo.



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

**El Salvador 2023**

- i) Repita la valoración dos veces más.

**Anote los resultados en la tabla que se presenta a continuación:**

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Lectura inicial de la bureta				ml
Lectura final de la bureta				ml
Volumen del NaOH				ml

1. Escriba el volumen de NaOH gastado que será utilizado en sus cálculos (12 puntos): \_\_\_\_\_
2. Escriba la ecuación química balanceada que corresponde a la estandarización del hidróxido de sodio. No utilice abreviaturas (2 puntos).

3. Utilizando el volumen declarado en el numeral 1, calcule la concentración en mol L<sup>-1</sup> de la disolución de NaOH (2 puntos).

Concentración en mol L<sup>-1</sup> del NaOH:



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador



**El Salvador 2023**

**Parte B. Determinación de la acidez total en la bebida carbonatada.**

- a) Encienda su hot plate, coloque la temperatura en 200°C y espere a que el valor de la temperatura deje de parpadear.
- b) Vierta todo el contenido del frasco de la muestra **Sprite** en un beaker de 50 ml y tápelo con un vidrio reloj.
- c) Coloque el beaker con el vidrio reloj en el hot plate (ver figura 3) e inicie el cronómetro.



**Figura 3. Beaker con el vidrio reloj**

- d) Al alcanzar los **15 minutos**, inmediatamente apague el hot plate y retire con cuidado el beaker que contiene la muestra.  
**NOTA:** El beaker estará caliente, por lo que debe hacer uso de papel toalla doblado para poder tomar el beaker y ponerlo en la mesa. ¡No retire el vidrio reloj del beaker!
- e) Llene el recipiente para baño de agua hasta la mitad, con agua del grifo.
- f) Coloque con cuidado el beaker con la muestra dentro del baño para enfriarlo, no retire el vidrio reloj del beaker.
- g) Una vez el beaker haya alcanzado la temperatura ambiente, es decir, cuando usted pueda tomar el beaker con las manos y este no se sienta caliente, retírelo del baño.
- h) Limpie las parades internas (enjuague) de su pipeta volumétrica de 10.0 ml con una pequeña porción de la muestra que se encuentra ya a temperatura ambiente.
- i) Mida 10.0 ml de la muestra con la pipeta volumétrica y transfíralo a uno de sus matraces Erlenmeyer de 125 ml.
- j) Agregue 10 ml de **agua destilada**, medidos con una probeta, al matraz Erlenmeyer y 5 gotas del indicador **Fenolftaleína**.
- k) Valore el contenido del matraz Erlenmeyer hasta alcanzar una coloración rosa pálida duradera. Haga uso de la hoja blanca proporcionada para tener un fondo blanco, tanto abajo del matraz como atrás del mismo.



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023

l) Repita la valoración dos veces más.

**Anote los resultados en la tabla que se presenta a continuación:**

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Lectura inicial de la bureta				ml
Lectura final de la bureta				ml
Volumen del NaOH				ml

4. Escriba el volumen de NaOH gastado que será utilizado en sus cálculos (12 puntos): \_\_\_\_\_

5. Escriba la ecuación química balanceada que corresponde a la valoración del ácido cítrico (3.0 puntos).

6. Utilizando el volumen declarado en el numeral 4, calcule la acidez total de la muestra como concentración en  $\text{g L}^{-1}$  de ácido cítrico. Muestre sus cálculos (3.0 puntos).



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023

Concentración en g L<sup>-1</sup> de ácido cítrico:

7. Si se considera que la valoración de la muestra correspondió solo a la reacción entre el hidróxido de sodio y el ácido cítrico, marque con una "x" la opción que describe el pH de la disolución en el punto de equivalencia para esta reacción ácido-base (1 punto).

pH < 7 ☐

pH = 7 ☐

pH > 7 ☐

8. En la etiqueta de la bebida Sprite, pueden leerse los siguientes ingredientes: agua carbonatada, azúcar, ácido cítrico, citrato de sodio, saborizantes, benzoato de sodio, sucralosa y acesulfame K. ¿Qué ingrediente de la bebida se agrega con el principal objetivo de ser el regulador más adecuado de la acidez? Marca con una "x" tu respuesta (1 punto).

Ácido cítrico ☐

Benzoato de sodio ☐

Citrato de sodio ☐

Sucralosa ☐

## El Salvador 2023

Nombre:	Código:
---------	---------

Numeral	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Puntaje	20.0	10.0	3.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	45.0

### Problema Práctico 02 (20 %)

#### Síntesis y purificación de benzocaína

La industria farmacéutica en El Salvador es considerada una de las principales ramas productivas con mayor uso de tecnologías de vanguardia. Los medicamentos fabricados en el país son demandados por su eficacia terapéutica y calidad en: Centroamérica y el Caribe, México, Panamá, Perú, Estados Unidos, entre otros. El Salvador es el primer país de la región centroamericana con la certificación de buenas prácticas de manufactura según la OMS, cumpliendo con las regulaciones y estándares internacionales.



En la industria farmacéutica, la benzocaína (*p*-aminobenzoato de etilo) es empleada como un anestésico local que calma el dolor en una zona determinada, su actuación es superficial. La benzocaína funciona creando una barrera química que detiene la producción de iones sodio, los cuales se acumulan a medida que las terminales nerviosas son estimuladas por el dolor.

En este problema práctico se sintetizará benzocaína a través de una esterificación de Fischer del ácido 4-aminobenzoico (PABA) con etanol y ácido sulfúrico como catalizador, el producto obtenido se purificará por recristalización y la pureza de éste se verificará empleando una cromatografía en capa fina.

## El Salvador 2023

### Procedimiento experimental:

#### Parte A: Síntesis

- a) En el matraz Erlenmeyer de 50 ml que contiene el ácido *p*-aminobenzoico adicione **5 ml** de etanol, incorpore un agitador magnético y agite la mezcla hasta disolución total del PABA, (mantenga la agitación durante todo el proceso de síntesis)

Anote la masa del PABA mostrada en la etiqueta: \_\_\_\_\_

- b) **Mida exactamente 0.8 ml** de ácido sulfúrico concentrado y adiciónelo gota a gota al Erlenmeyer de reacción.

**Nota:** al agregar las primeras gotas del ácido sulfúrico observará la formación de una masa blanca abundante, continúa con la adición completa del ácido para volver más líquido el medio.

- c) Tapa el matraz Erlenmeyer con un vidrio de reloj y coloca sobre éste un cubo de hielo (como sustituto de un condensador).

**Nota:** a medida transcurra el calentamiento el hielo se derretirá, retirar el exceso de agua con gotero o papel toalla, y mantener con hielo durante todo el calentamiento.

- d) Inicie el calentamiento ajustando el hot plate a 140°C y caliente durante **30 minutos** (considere el tiempo desde que mueve la perilla del hot plate a la temperatura indicada), asegúrese de mantener frío el vidrio de reloj durante todo el calentamiento.

**Nota:** la mezcla debe de mantenerse a ebullición suave (burbujeo lento), si observa que la mezcla ebulle fuerte a 140°C, puede bajar la temperatura del hot plate a manera de mantener una ebullición suave (burbujeo lento) durante los 30 minutos, el rango de la temperatura puede ser de 110-140 °C.

- e) Después de transcurridos los 30 minutos, suspenda el calentamiento y la agitación, retire el Erlenmeyer del hot plate y enfríe la mezcla de reacción a temperatura ambiente utilizando baño de agua a **temperatura ambiente**.

- f) En un vaso de precipitado (beaker) de 50 ml prepare una mezcla de **9 ml** de NaOH 10% y un cubo de hielo.



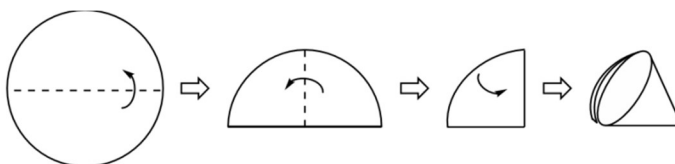
**Figura 1:** Erlenmeyer con vidrio de reloj y cubo de hielo.

**El Salvador 2023**

- g) Agregue la mezcla anterior al Erlenmeyer de reacción previamente enfriado a temperatura ambiente, agite vigorosamente con una varilla de vidrio (agitador) hasta que la benzocaína cruda precipite.
- h) Recolecte los cristales de benzocaína cruda por filtración al vacío. Arrastre toda la benzocaína con agua destilada, posteriormente lave dos veces con porciones de 3 ml de hexano y continúe la succión **por 6 minutos**, transcurrido este tiempo, retira tu filtro Buchner y procede a purificar el producto por recristalización como se indica en la siguiente parte de la práctica.

**Parte B: Recristalización de la benzocaína**

- a) En un vaso de precipitado (Beaker) de 50 ml prepare 30 ml de solvente de recristalización (agua/metanol 1:1).
- b) Arme el sistema de filtración por gravedad empleando un embudo de vidrio, papel filtro (doblado como se especifica en la figura 2), Beaker de 100 ml (colector) soporte y aro metálico.



**Figura 2. Doblaje de papel filtro**

- c) Coloque 30 ml de agua en un vaso de precipitado de 50 ml y caliéntela en un hot plate hasta que comience una ebullición suave.  
**Nota:** esta le servirá para precalentar el papel filtro y el embudo de vidrio a ser utilizados en el literal f.
- d) Después de filtrar la benzocaína impura, trasládela a un matraz Erlenmeyer de 50 ml, añadiéndole 10 ml del disolvente de recristalización (preparado en el literal a).
- e) Sostén el Erlenmeyer con una pinza de extensión, agita y calienta **suavemente** la mezcla hasta que toda la benzocaína se disuelva, si observas que no se disuelve agrega 5 ml más de solvente de recristalización, continua la agitación y el calentamiento suave hasta total disolución.

## El Salvador 2023

- f) Precalienta **muy bien** el papel filtro y embudo de vidrio con porciones de agua caliente preparada en el literal c, descarta el agua caliente del Beaker colector e inmediatamente filtra la solución de benzocaína, para evitar que la benzocaína cristalice en el embudo, **la filtración debe hacerse estando la disolución muy caliente, acabada de preparar.**
  - g) Puede realizar lavados al Erlenmeyer y al embudo de vidrio con porciones de solvente de recristalización caliente para asegurarse de arrastrar toda la benzocaína.
  - h) Coloque el vaso de precipitado colector en baño de hielo y deje reposar hasta que la benzocaína cristalice.
  - i) **Utilizando el papel filtro de peso conocido** recolecte los cristales por filtración al vacío. Utilice lavados con agua para arrastrar toda la benzocaína, **cuando finalice** los lavados con agua, lave dos veces con porciones de 3 ml de hexano y continúe la succión **por 8 minutos** más.
  - j) Pese en una balanza analítica los cristales de benzocaína obtenidos. **Recomendación:** saque del embudo Buchner los cristales hasta el momento que los vaya a pesar en la balanza analítica. Anota tus resultados a continuación, **no olvide la firma de su instructor para validar tu resultado y para que le entregue un vial con PABA para ser utilizado en la parte c de la práctica.**
  - k) Guarde su producto de síntesis en el vial proporcionado, rotúlelo con su nombre y código.
1. Determine la masa de benzocaína pura obtenida después de la recristalización (20 puntos).

### Datos de la benzocaína pura

	Masa en gramos	Firma del instructor
Papel filtro		
Papel filtro más sólido		
Sólido		



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023

### Parte C: Pureza de la benzocaína

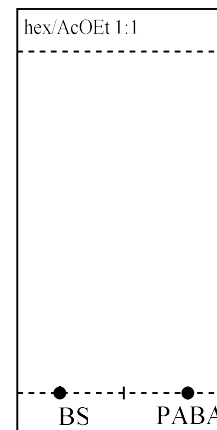
- a) Prepare y rotule una placa cromatográfica como se muestra en la siguiente figura, marque dos líneas una inferior y superior ambas a 0.5 cm de los bordes, en el borde inferior marque 2 puntos separados donde realizará la siembra de las muestras.

Leyenda:

BS: benzocaína sintetizada

PABA: ácido *p*-aminobenzoico

- b) En un Beaker de 50 ml prepare 10 ml de fase móvil compuesta por hexano/acetato de etilo 1:1. (tape el Beaker con un vidrio de reloj para evitar la evaporación de la mezcla).



- c) Para la preparación de las muestras rotule 2 tubos de hemólisis con la misma leyenda de la placa cromatográfica
- d) En el tubo de hemólisis rotulado como BS prepare la muestra de su producto de síntesis, disolviendo una mínima cantidad (la punta de la espátula) de su compuesto en 0.5 ml de fase móvil preparada en el punto 2.
- e) En el tubo de hemólisis rotulado como PABA repita el procedimiento anterior para preparar la muestra de ácido *p*-aminobenzoico.
- f) Con la ayuda del tubo capilar suministrado, siembre las muestras sobre los puntos correspondientes en la placa cromatográfica.
- g) En un vaso de precipitado de 100 ml agregue la cantidad necesaria de eluyente hasta alcanzar una altura aproximada de 0.4 cm (importante, la altura del eluyente no debe de sobrepasar la marca realizada en el borde inferior de la placa cromatográfica)
- h) Coloque cuidadosamente la placa cromatográfica ligeramente inclinada dentro del vaso de precipitado de 100 ml y tape con un vidrio de reloj.



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador



## El Salvador 2023

- i) Deje que suba la fase móvil (eluyente) hasta que llegue a la marca superior de la placa cromatográfica.
  - j) Retire la placa cromatográfica y déjela secar, una vez seca, revele la placa con luz UV y marque las manchas observadas
2. Calcule el  $R_f$  de las 2 siembras y anótelos en la siguiente tabla (10 puntos):

Muestra	$R_f$
BS	
PABA	

Guarde su placa cromatográfica en la misma bolsa donde fue proporcionada rotúlela con su nombre y su código y déjela sobre su mesa de trabajo.

- A continuación, se presentan una serie de dificultades lea detenidamente y resuelva según lo solicitado.
3. Escriba la ecuación química de reacción realizada en el Problema Experimental (*balanceando correctamente la ecuación, incluyendo los estados de agregación y utilizando formulas estructurales desarrolladas o semidesarrolladas o de ángulos y líneas*) (3.0 puntos).



**OCACQ**  
El Salvador 2023

## XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

### El Salvador 2023

4. Calcule la masa teórica de benzocaína de acuerdo con el peso de PABA proporcionado en el Erlenmeyer de reacción, tome como reactivo limitante la benzocaína (masa molar del PABA 137 g.mol<sup>-1</sup>; masa molar de la benzocaína 165.17 g.mol<sup>-1</sup>) (2.0 puntos).

5. Calcule el porcentaje de rendimiento de la reacción de la benzocaína purificada (2.0 puntos).

## El Salvador 2023

- Marque con una "x" la opción correcta para cada una de las interrogantes que se le presentan a continuación:

6. La esterificación de Fischer se puede clasificar como una reacción de (1.0 punto):

Sustitución nucleofílica ☐ Sustitución electrofílica ☐

Adición nucleofílica ☐ Adición electrofílica ☐

7. ¿Por qué en la esterificación de Fischer es necesario emplear un catalizador ácido para favorecer la reacción? (1.0 punto)

Para protonar el etanol y volverlo más nucleofílico ☐

Para protonar el etanol y el carbonilo del ácido y promover la reacción ☐

Para protonar el carbonilo del ácido y volverlo más electrofílico ☐

Para deshidratar el etanol y volverlo más nucleofílico ☐

8. Explique si daría buenos resultados ocupar ácido sulfúrico diluido para llevar a cabo la reacción de esterificación de Fischer (1.0 punto).

No, porque la adición de agua al sistema favorece la formación del PABA ☐

Sí, porque la adición de agua al sistema favorece la formación del éster. ☐

No, porque la fuerza del ácido disminuye ☐

Sí, porque la adición de agua no influye en el equilibrio de la reacción ☐

- En el proceso de síntesis realizado se involucraron los siguientes reactivos: ácido *p*-aminobenzoico, etanol y ácido sulfúrico concentrado, de acuerdo con estas especies, responda lo que se le pide a continuación o marque con una "x" la opción correcta, según corresponda:



**OCACQ**  
El Salvador 2023

# XVI Olimpiada Centroamericana y XIV del Caribe de Química

Código:

## El Salvador 2023

9. Identifique quien actúa como electrófilo en la reacción (1.0 punto):

10. Identifique quien actúa como nucleófilo en la reacción (1.0 punto):

11. En la reacción de esterificación de Fischer se forma agua como producto secundario, de acuerdo con el mecanismo de la reacción seleccione de que especie proviene el OH para la formación de agua (1.0 punto).

12. Al llevar a cabo la purificación por recristalización, ¿es preferible enfriar la solución filtrada de forma rápida o lenta?, ¿por qué? (1.0 punto):

Rápida, para evitar la coprecipitación de impurezas ☐

Lenta, para evitar la coprecipitación de impurezas ☐

Lenta, para favorecer la oclusión ☐

Rápida, para favorecer la oclusión ☐

13. Marque con una "x" el compuesto que presentó mayor afinidad por la fase móvil y porqué (1.0 punto).

El PABA, por tener mayor  $R_f$  ☐

El PABA, por tener menor  $R_f$  ☐

La benzocaína, por tener mayor  $R_f$  ☐

La benzocaína, por tener menor  $R_f$  ☐



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



Jóvenes  
**TALENTO**  
El Salvador



# Tabla Periódica de los Elementos

	1																18	
1	<div>1 H 1.008</div>	2											13	14	15	16	17	<div>2 He 4.003</div>
2	<div>3 Li 6.941</div>	<div>4 Be 9.012</div>	Elementos de Transición										<div>5 B 10.81</div>	<div>6 C 12.01</div>	<div>7 N 14.01</div>	<div>8 O 16.00</div>	<div>9 F 19.00</div>	<div>10 Ne 20.18</div>
3	<div>11 Na 22.99</div>	<div>12 Mg 24.31</div>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<div>13 Al 26.98</div>	<div>14 Si 28.09</div>	<div>15 P 30.98</div>	<div>16 S 32.07</div>	<div>17 Cl 35.45</div>	<div>18 Ar 39.95</div>
4	<div>19 K 39.10</div>	<div>20 Ca 40.08</div>	<div>21 Sc 44.96</div>	<div>22 Ti 47.87</div>	<div>23 V 50.94</div>	<div>24 Cr 52.00</div>	<div>25 Mn 54.94</div>	<div>26 Fe 55.85</div>	<div>27 Co 58.93</div>	<div>28 Ni 58.69</div>	<div>29 Cu 63.55</div>	<div>30 Zn 65.41</div>	<div>31 Ga 69.72</div>	<div>32 Ge 72.61</div>	<div>33 As 74.92</div>	<div>34 Se 78.96</div>	<div>35 Br 79.90</div>	<div>36 Kr 83.80</div>
5	<div>37 Rb 85.47</div>	<div>38 Sr 87.62</div>	<div>39 Y 88.91</div>	<div>40 Zr 91.22</div>	<div>41 Nb 92.91</div>	<div>42 Mo 95.94</div>	<div>43 Tc (97.9)</div>	<div>44 Ru 101.1</div>	<div>45 Rh 102.9</div>	<div>46 Pd 106.4</div>	<div>47 Ag 107.9</div>	<div>48 Cd 112.4</div>	<div>49 In 114.8</div>	<div>50 Sn 118.7</div>	<div>51 Sb 121.8</div>	<div>52 Te 127.6</div>	<div>53 I 126.9</div>	<div>54 Xe 131.3</div>
6	<div>55 Cs 132.9</div>	<div>56 Ba 137.3</div>	<div>57 La 138.9</div>	<div>72 Hf 178.5</div>	<div>73 Ta 180.9</div>	<div>74 W 183.8</div>	<div>75 Re 186.2</div>	<div>76 Os 190.2</div>	<div>77 Ir 192.2</div>	<div>78 Pt 195.1</div>	<div>79 Au 197.0</div>	<div>80 Hg 200.6</div>	<div>81 Tl 204.4</div>	<div>82 Pb 207.2</div>	<div>83 Bi 209.0</div>	<div>84 Po (209.0)</div>	<div>85 At (210.0)</div>	<div>86 Rn (222.0)</div>
7	<div>87 Fr (223.0)</div>	<div>88 Ra (226.0)</div>	<div>89 Ac (227.0)</div>	<div>104 Rf (261.1)</div>	<div>105 Db (262.1)</div>	<div>106 Sg (263.1)</div>	<div>107 Bh (262.1)</div>	<div>108 Hs (265)</div>	<div>109 Mt (266)</div>	<div>110 Ds (271)</div>	<div>111 Rg (272)</div>	<div>112 Cn (285)</div>	<div>113 Uut (284)</div>	<div>114 Fl (289)</div>	<div>115 Uup (288)</div>	<div>116 Lv (292)</div>	<div>117 Uus (294)</div>	<div>118 Uuo (294)</div>

6 Lantánidos

7 Actínidos

<b>58</b> <b>Ce</b> 140.1	<b>59</b> <b>Pr</b> 140.9	<b>60</b> <b>Nd</b> 144.2	<b>61</b> <b>Pm</b> (144.9)	<b>62</b> <b>Sm</b> 150.4	<b>63</b> <b>Eu</b> 152.0	<b>64</b> <b>Gd</b> 157.3	<b>65</b> <b>Tb</b> 158.9	<b>66</b> <b>Dy</b> 162.5	<b>67</b> <b>Ho</b> 164.9	<b>68</b> <b>Er</b> 167.3	<b>69</b> <b>Tm</b> 168.9	<b>70</b> <b>Yb</b> 173.0	<b>71</b> <b>Lu</b> 174.0
<b>90</b> <b>Th</b> 232.0	<b>91</b> <b>Pa</b> 231.0	<b>92</b> <b>U</b> 238.0	<b>93</b> <b>Np</b> (237.1)	<b>94</b> <b>Pu</b> (244.1)	<b>95</b> <b>Am</b> (243.1)	<b>96</b> <b>Cm</b> (247.1)	<b>97</b> <b>Bk</b> (247.1)	<b>98</b> <b>Cf</b> (251.1)	<b>99</b> <b>Es</b> (252.1)	<b>100</b> <b>Fm</b> (257.1)	<b>101</b> <b>Md</b> (258.1)	<b>102</b> <b>No</b> (259.1)	<b>103</b> <b>Lr</b> (260.1)