

## V OLIMPIADA HONDUREÑA DE QUÍMICA PROTOCOLO EXPERIMENTAL CATEGORÍA MARIE CURIE

**Autores:** Fredy Rodríguez, Claudia Coca, Marcio Rodríguez, Adal Martínez, Ethan Marín,  
Wilmer Miranda, Saúl Soto Zúñiga y Adrián Gallardo Loya

**Código de participante:** \_\_\_\_\_

### INSTRUCCIONES PARA EL EXAMEN:

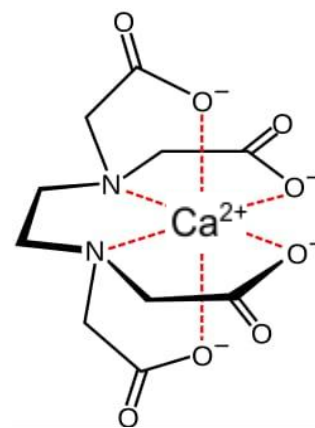
1. Debes escribir **tu código** dentro del espacio indicado en esta primera página del examen. **NO debes escribir tu nombre** en ninguna parte del examen, únicamente escribe tu código.
2. Se dará una explicación elaborando las instrucciones de este protocolo, después cuentas con **DOS HORAS** para trabajar en el experimento con tu equipo. Después de terminar el experimento debes ir a la **sala del examen experimental**, donde tendrás **DOS HORAS** para responder las preguntas.
3. Durante el periodo de explicación **deberás leer el protocolo en su totalidad**. También deberás **verificar que cuente con todas las 3 páginas**, en caso de que falten páginas notifica a un supervisor. **Verifica** que el protocolo corresponda con tu **categoría (este es el protocolo de la categoría Marie Curie 10°, 11°, 12° y 9° del sistema anglosajón)**. En caso de tener **CUALQUIER DUDA** sobre las instrucciones debes solicitar la ayuda de un **supervisor**, que se comunicará con los autores de los ejercicios para ayudarte. Verifica que **no falte ningún material** indicado en la lista.
4. Debes **registrar** la información que recolectes a lo largo de la elaboración del experimento así como tus **observaciones** ya que se usará para **responder las preguntas de examen después de acabar tu experimento**. Aunque la práctica se realiza en equipos debes tener tu propia información ya que el **examen experimental** se responderá de **forma individual**.
5. Los resultados numéricos carecen de significado si no tienen **UNIDADES**. **Es MUY IMPORTANTE** que indiques las **UNIDADES** en tus observaciones y resultados.
6. Requiere utilizar una **calculadora científica NO programable** sin función de graficar. **Se decomisará cualquier calculadora con funciones no permitidas**. Usar **TABLAS PERIÓDICAS ajenas** a la incluida **NO** está permitido por ningún motivo.
7. **Al concluir el experimento** lleva **CONTIGO TODAS** tus hojas a la sala de examen para responder **las preguntas**.
8. Durante la elaboración del experimento serás **evaluado** por parámetros como el uso de **gabacha, cofia, guantes, lentes de seguridad, pantalón y calzado adecuado**, así como buenas prácticas de seguridad. **Considera adicionalmente que por cuestiones de seguridad, en este experimento DEBES USAR EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL EN TODO MOMENTO**. En caso de ocurrir un **incidente** se debe notificar inmediatamente a un supervisor para **resolver la situación**. Los incidentes **NO REPORTADOS** significarán la **DESCALIFICACIÓN INMEDIATA** del examen práctico.

**¡Mucha Suerte!**

## EXPERIMENTAL: AGUAS CON EL AGUA

El agua extraída de acuíferos subterráneos suele tener altas cantidades de iones que suelen interactuar químicamente con algunas sustancias, en particular con los jabones. Esta agua que contiene  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  es categorizada como agua dura, mientras que a la característica de tener más (o menos) de estos iones es conocida como dureza; un agua de alta dureza contiene más calcio y/o magnesio que un agua menos dura. La dureza del agua tiene un impacto directo sobre su calidad, siendo preferidas aguas menos duras para usos cotidianos, esto debido a que dejan menos sarro y los jabones funcionan mejor. Es por esta razón que el análisis de la calidad del agua considera maneras de medir la dureza.

En particular, la concentración del ión calcio se puede medir mediante una titulación complejométrica, en la cual se agrega Negro de Eriocromo T (abreviado como NET) a la muestra para formar un complejo rojo. A esta muestra de agua dura con indicador NET se le agrega lentamente una disolución de concentración conocida de Ácido Etilendiaminetetraacético (EDTA), realizando una reacción en la cual el calcio queda quelado por el EDTA, como se muestra en la imagen. Cuando el calcio se agota el complejo rojo NET-calcio se deshace, quedando el NET de color azul e indicando que el calcio ya se acabó.



La reacción entre el EDTA y el  $\text{Ca}^{2+}$  se da en estequiometría 1:1, significando esto que cada mol de calcio reacciona con un mol de EDTA respectivamente.

### MATERIALES:

#### POR MESA

- Matraz Erlenmeyer 150 mL
- Vaso de plástico transparente
- Hoja de papel
- Jeringa 5 mL

#### POR SALÓN

- Jeringa 5 mL (4)
- Negro de eriocromo T
- Agua destilada
- 10 L Agua contaminada
- 1 L de disolución de EDTA
- Espátula (3)
- 500 mL Disolución tampón de amoníaco y amonio a pH de 10
- Probeta 50 mL (3)
- Piseta (4)

### REVISIÓN DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:

Firma del evaluador para:

**1p. de penalización por cada falta** Gabacha Cofia Pantalón Calzado Guantes Lentes Mascarilla

**INSTRUCCIONES:**

1. Para preparar la muestra para el análisis: mide 50 mL de la muestra de agua contaminada con una probeta y agrégala al matraz Erlenmeyer de 150 mL.

2. Para que el indicador de Negro de Eriocromo T funcione de forma adecuada, el análisis se debe hacer a pH de 10, por lo cual se debe agregar una disolución tampón amoniacal para fijar este pH en la mezcla, agrega 2.5 mL de la disolución tampón amoniacal a la muestra de agua en el matraz. Para esto usa estrictamente la jeringa designada.

3. Agrega el Negro de Eriocromo T de acuerdo a las instrucciones del supervisor.

4. Toma la jeringa de 5 mL proporcionada (la cual simulará la función de una bureta), esta se debe cargar con 5 mL de la disolución de EDTA de concentración conocida, asegurándose que no quede ninguna burbuja de aire dentro. Puedes usar un vaso de plástico para llevarte disolución de EDTA.

Apunta la concentración nominal de la disolución de EDTA (la concentración estimada por los evaluadores): \_\_\_\_\_

5. Pon la hoja de papel debajo del matraz, esto es para identificar fácilmente el cambio de color.

6. Añade lentamente el contenido de la jeringa de EDTA gota a gota, asegurándote de agitar el matraz durante las adiciones. Haz esto hasta que observes un cambio de color que se mantenga constante al menos 30 segundos después de hacer la adición.

7. Apunta el volumen agregado por la jeringa y repite el protocolo un total de cinco veces. Asegúrate de usar la piseta con agua destilada para limpiar el matraz entre cada ensayo.

Volúmen 1: \_\_\_\_\_ Volúmen 2: \_\_\_\_\_ Volúmen 3: \_\_\_\_\_

Volúmen 4: \_\_\_\_\_ Volúmen 5: \_\_\_\_\_

8. Una vez terminado el experimento recoge y limpia todo tu material, desechando las mezclas en el contenedor indicado. Notifica a un evaluador\*\* para mostrarle tu estación de trabajo limpia.

\*\*Firma del evaluador para corroborar que el equipo haya limpiado:

**3p. de penalización en caso de no limpiar**

**FIN DEL PROTOCOLO**

**V OLIMPIADA HONDUREÑA DE QUÍMICA**  
**EXAMEN EXPERIMENTAL**  
**CATEGORÍA MARIE CURIE**

**Autores:** Fredy Rodríguez, Claudia Coca, Marcio Rodríguez, Adal Martínez, Ethan Marín,  
Wilmer Miranda, Saúl Soto Zúñiga y Adrián Gallardo Loya

**Código de participante:** \_\_\_\_\_ **Puntaje:** \_\_\_\_/40  
**Penalización:** \_\_\_\_/-10

**INSTRUCCIONES PARA EL EXAMEN:**

1. Debes escribir **tu información** dentro del espacio indicado en esta primera página del examen. **NO debes escribir tu nombre** en ninguna parte del examen, únicamente escribe tu código.
2. A partir del momento en el que llegues, dispones de un periodo de **DOS HORAS para responder** el examen.
3. **Deberás leer el examen en su totalidad y verificar que el examen cuente con todas las 7 páginas de preguntas**, en caso de que falten páginas notifica a un supervisor. **Verifica** que el examen corresponda a tu **categoría (este es el examen de la categoría Marie Curie 10°, 11°, 12° y 9° del sistema anglosajón)**. En caso de tener **DUDAS** sobre los problemas debes solicitar la ayuda de un **supervisor**, que se comunicará con los autores de los ejercicios para ayudarte en caso de ser pertinente.
4. Realiza los **PROCEDIMIENTOS** de forma **ORDENADA** dentro de los **RECUADROS** correspondientes a cada problema, lo que se escriba fuera del recuadro **NO SE TOMARÁ EN CUENTA**. **Indica claramente el inciso** de cada pregunta que se responde, mostrando tus **procedimientos** y **CIRCULANDO tu RESULTADO FINAL**, el cual **debe** estar escrito con **TINTA**. La evaluación de preguntas con \* **tomará en cuenta el procedimiento**.
5. Los resultados numéricos carecen de significado si no tienen **UNIDADES**. Es **MUY IMPORTANTE** que indiques las **UNIDADES** en todas tus **RESPUESTAS** y **PROCEDIMIENTOS** para evitar la **CANCELACIÓN del PUNTAJE**.
6. Requiere utilizar una **calculadora científica NO programable** sin función de graficar. Se **decomisará cualquier calculadora con funciones no permitidas**. Usar **TABLAS PERIÓDICAS** ajenas a la incluida en el examen **NO** está permitido por ningún motivo.
7. **Sugerimos MUY FUERTEMENTE** que empieces con las preguntas que te parezcan **MÁS FÁCILES**. Cuando revises el examen intenta **identificar** las preguntas que **más facilidad** tengas para resolver. **No te detengas mucho tiempo en preguntas que no puedes resolver**.
8. Debes **DEJAR de trabajar** inmediatamente cuando se dé la señal de finalización. Cualquier demora en hacerlo puede resultar en **tu DESCALIFICACIÓN**.

**¡Mucha Suerte!**

### EXPERIMENTAL, PROBLEMA 1: CALCIOS COMPLEJOS (13 puntos)

**Problema 1.1.** Las sales de calcio suelen ser incoloras, una de las razones del por qué es la falta de electrones en orbitales “d” en el ión calcio  $2+$ .

a) Indica la cantidad de electrones que tiene un ión de calcio  $2+$ .

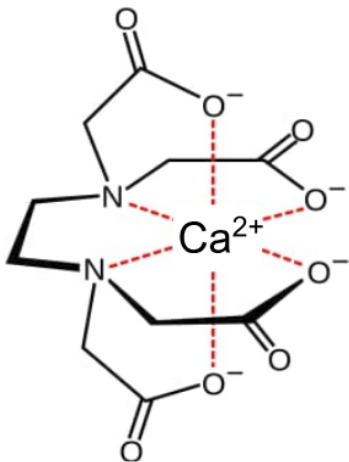
b) Indica la configuración electrónica completa para el ión de calcio  $2+$ .

a) 1 punto	b) 1 punto

**Problema 1.2.** El EDTA es un ligante polidentado, esto quiere decir que se conecta mediante enlaces de coordinación con los metales, formando sustancias conocidas como complejos. La estructura del complejo del EDTA con calcio es mostrada en el recuadro.

a) Indica la geometría del átomo metálico.

b) Indica la fórmula química del ión complejo que se forma entre el calcio y el EDTA, no olvides indicar la carga.

a) 0.5 puntos	b) 0.5 puntos
 <p>Opciones (circula la correcta)</p> <p><u>Diedro</u>    <u>Tetraedro</u>    <u>Hexaedro</u></p> <p><u>Octaedro</u>    <u>Decaedro</u>    <u>Dodecaedro</u></p>	<p>[CaC ___ H ___ O ___ N ___]—</p>

**Problema 1.3.** El calcio cuenta con varios isótopos, principalmente el calcio-40 y el calcio-44. En un laboratorio se trabaja con mezclas de estos dos isótopos en distintas proporciones. La masa molar de estos dos isótopos es de 39.9626 uma y de 43.9555 uma respectivamente.

a) Se tiene una mezcla que contiene 86% de calcio-40 y un restante de calcio-44, calcula la masa molar promedio de dicha mezcla.

**\*b)** Calcula la proporción porcentual en masa de ambos isótopos de otra mezcla que tiene una masa molar promedio de 42.3722 uma.

a) 1 punto	b) 2 puntos
	%Ca-40: _____ %Ca-44: _____

**Problema 1.4.** El sulfato de calcio (  $\text{CaSO}_4$  ) es el componente principal del yeso, este es insoluble en agua, siendo su constante de solubilidad  $4.9 \times 10^{-5}$ .

**a) Calcula la concentración molar máxima que se puede tener de sulfato de calcio.**

**\*b)** Si se tiene solvatado sulfato de aluminio (  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ) a una concentración de 0.0333 M, indica la concentración molar máxima del ión  $\text{Ca}^{2+}$  antes de que este empiece a precipitarse.

<p>a) 1 punto</p> <p><math>4.9 \times 10^{-5} = [\text{Ca}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}]</math></p>	<p>b) 2 puntos</p>
---	--------------------

**Problema 1.5.** El complejo de etilendiamina (  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$  ) con calcio  $2+$  se da en proporción 3 a 1 respectivamente, teniendo el calcio geometría octaédrica.

a) Dibuja la estructura del compuesto de coordinación teniendo en cuenta la disposición tridimensional, y que la etilendiamina es un ligante bidentado que se enlaza por los nitrógenos.

b) Indica si la estructura que dibujaste rotaría la luz polarizada y explica por qué, puedes hacer diagramas o dibujos.

a) 2 puntos	b) 2 puntos

### EXPERIMENTAL, PROBLEMA 2: ANÁLISIS Y AGUAS (13 puntos)

**Problema 2.1.** A una muestra de agua dura se le agregó un exceso de ión carbonato (  $\text{CO}_3^{2-}$  ) con el fin de precipitar todo el  $\text{Ca}^{2+}$  presente.

a) Indica la fórmula de la sal formada.

b) Calcula la masa molar de esta sal.

c) Esta sal es un importante componente del agregado sólido conocido como sarro, sin embargo es posible disolverlo mediante una reacción química, para esto se usa vinagre (  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ), el cual reacciona formando acetato de calcio (  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  ). Calcula cuánto vinagre (en mol) se debe emplear para sintetizar 10 mol de acetato de calcio.

a) 0.5 puntos	b) 0.5 puntos	c) 1 punto

**Problema 2.2.** Una de las mezclas necesarias para el análisis es la disolución tampón de amoníaco (  $\text{NH}_3$  ) y ión amonio (  $\text{NH}_4^+$  ), en la cual están mezclados estos dos iones en una proporción la cual afecta directamente el pH. La ecuación de Henderson-Hasselbalch describe cómo es afectado el pH dependiendo de la proporción entre estas dos concentraciones. La disolución tampón que se empleó en la práctica tiene una concentración molar total entre sus dos especies ( $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$ ) de 8.0 M.

**\*a)** Calcula las concentraciones individuales que se deben tener de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$  en la disolución para que esta tenga un pH de 10. El  $\text{pK}_a$  del  $\text{NH}_4^+$  es 9.25.

**\*b) Calcula el pH de 1 L de esta mezcla tampón si fueras a agregarle 1 mol de HCl.**

<p>a) 2 puntos</p> <p>Ecuación de Henderson-Hasselbalch:</p> $\text{pH} = \text{pK}_a + \log ([\text{NH}_3] \div [\text{NH}_4^+])$	<p>b) 2 puntos</p>
$[\text{NH}_3] = \underline{\hspace{2cm}}$ $[\text{NH}_4^+] = \underline{\hspace{2cm}}$	

**\*Problema 2.3.** Se tituló la disolución de EDTA para estandarizarla, para esto se usó un patrón primario de sulfato de zinc heptahidratado (  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ) el cual reacciona en una proporción 1:1 con el EDTA. Para titular 0.1000 g de este patrón primario se requirieron en promedio 17.1 mL de la disolución de EDTA (0.020 M nominal).

Calcula la verdadera concentración de la disolución de EDTA.

**3 puntos**



**\*Problema 2.4.** Considerando el volumen promedio de disolución de EDTA que empleaste para las titulaciones calcula la dureza del agua, medida en mg de  $\text{CaCO}_3$  por litro de agua. Si no obtuviste respuesta en el problema anterior utiliza la concentración nominal que apuntaste.

**4 puntos**

### EXPERIMENTAL, PROBLEMA 3: EL NEGRO DE ERIOCROMO T (14 puntos)

**Problema 3.1.** El negro de eriocromo T tiene muchos grupos funcionales.

Circula el nombre correcto del grupo funcional según corresponda.

**4 puntos**

**Problema 3.2.** Para la síntesis del negro de eriocromo T se requiere de una sustancia llamada 1-naftol. El 1-naftol, cuya estructura se muestra en el recuadro, tiene un tautómero.

a) Dibuja la estructura del tautómero.

\*b) Elabora mecanismo de reacción que intercambia los dos tautómeros, indica el movimiento electrónico con flechas.

**a) 2 puntos**

**b) 2 puntos**

**Problema 3.3.** En el diagrama sintético del proceso de fabricación del negro de eriocromo T se muestra en el recuadro.

Indique la fórmula de las sustancias requeridas para las condiciones de reacción que faltan e indique la estructura del reactivo requerido en el último paso.

**6 puntos**

**FIN DEL EXAMEN**