



**XXV Olimpíada
Iberoamericana de Química
Teresina Piauí - Brasil
30/09 a 09/10/2021
EXAMEN TEÓRICO**

Nombre:	Código de País:
---------	-----------------





Código de Alumno:

--

Instrucciones Generales para el Examen Teórico

1. Este examen contiene XX páginas para 6 problemas. La tabla periódica de elementos se puede encontrar en la última página de este folleto. No separe las hojas.
2. Inicie la prueba cuando se dé la señal respectiva.
3. Todas las respuestas deben escribirse con bolígrafo (nunca con lápiz) en los casilleros correspondientes.
4. Escriba su nombre y código de identificación en el encabezado de la primera hoja.
5. Solo debe utilizar el material que se le proporciona y su calculadora no programable.
6. Escriba los cálculos pertinentes en las casillas correspondientes cuando sea necesario. Los puntos completos solo se otorgan por las respuestas correctas cuando se muestra su trabajo.
7. Se anunciará una advertencia 15 minutos antes del final del tiempo asignado para la prueba.
8. Cuando escuche la señal de fin de prueba, debe dejar de trabajar inmediatamente, de lo contrario, el problema que está resolviendo quedará anulado.
9. Al finalizar el examen, debe entregar todas sus hojas a su supervisor de examen.
10. No se le permite salir de la ubicación de su examen sin permiso. Si necesita ayuda (calculadora rota, servicios higiénicos, etc.), levante la mano y espere hasta que llegue un supervisor.

BUENA SUERTE



Constantes, Fórmulas y Ecuaciones

Constante de Avogadro	$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante universal de los gases	$R = 82,06 \text{ atm cm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 1,987 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Constante de Faraday	$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$
Presión atmosférica	$1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$

Ecuación de los gases ideales	$PV = nRT$
Ecuación de Arrhenius	$k = Ae^{-E_a/RT}$
Ecuación integrada de primer orden	$[R] = [R]_0 e^{-kt}$
Conversión de Celsius a Kelvin	$K = (^{\circ}\text{C} + 273,15^{\circ}\text{C}) \times (K^{\circ}\text{C}^{-1})$
Energía de Gibbs	$\Delta G^{\circ} = -RT \ln(K) = \Delta H^{\circ} - T\Delta S^{\circ}$
Ley de Raoult	$p = p^* \cdot X$ p = presión parcial de solvente p^* = presión parcial de solvente puro X = fracción molar de solvente
Potencia Eléctrica	$P = U \cdot i$ P = potencia eléctrica U = diferencia de potencial I = corriente eléctrica

Número	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	Total
Puntos	6	4	20	10	15	20	5	20	100
Nota									

Problema Teórico 1 (X%)

Brasil – Productor de Frutas Cítricas



Brasil es uno de los mayores productores mundiales de cítricos, que incluyen naranjas, limones, limas y mandarinas. Estas son las variedades más conocidas y forman parte de la rutina brasileña, ya sea consumidas *en natural* o en forma de jugos y postres. Las plantas de estos frutos forman parte del género *Citrus* y sus frutos tienen una alta concentración de ácido cítrico, uno de los principales responsables del sabor ácido que tienen. Estos frutos también representan una fuente importante de ácido ascórbico, también conocido como vitamina C, un importante agente antioxidante en nuestro organismo. Pero la acidez de estas frutas también está relacionada con la presencia de varios otros ácidos orgánicos.

Considerando que los ácidos orgánicos presentes en el jugo o pulpa son los responsables del sabor y aroma de estas frutas, la determinación de la acidez puede realizarse por Volumetría, técnica que se basa en determinar la cantidad de un reactivo de concentración conocida que se requiere para reaccionar completamente con el analito. En la titulación volumétrica, la acidez en los alimentos se evalúa en términos de acidez titulable total (ATT) y el resultado obtenido se expresa como el volumen de reactivo estándar agregado por peso de la muestra.

En una muestra de naranja se extrajeron únicamente dos ácidos monoproticos débiles denominados HC y HD, cuyas constantes de ionización son $K_{HC} = 1,74 \times 10^{-7}$ y $K_{HD} = 1,34 \times 10^{-7}$, respectivamente. Estos dos ácidos se resuspendieron en agua desionizada, obteniendo la solución acuosa de muestra para análisis.

1.1. Suponiendo que la solución acuosa de muestra contiene solo los dos ácidos monopróticos débiles HC y HD, escriba los equilibrios químicos presentes.

1.2 Escriba la expresión del balance de carga para la solución de muestra de análisis.

1.3. Considerando la solución acuosa de la muestra, escribe la expresión matemática que relacione la concentración de $[H_3O]^+$ con las concentraciones iniciales de los ácidos HC y HD. Para estos cálculos, suponga que el medio es ácido y desprecie la concentración de OH^- al resolver la pregunta.

1.4. En el análisis de la muestra por titulación se midió el pH inicial y el valor fue de 3,75. Luego, utilizando la titulación ácido-base, un volumen de 100 mL de esta solución de muestra requirió 100 mL de solución estándar de NaOH 0,220 mol.L⁻¹ para la neutralización completa de la solución de muestra de análisis. Calcule la concentración inicial (en mol.L⁻¹) de ácido HC y ácido HD en la solución de muestra.

Nota: Si no respondió la pregunta 1.3, puede usar la siguiente expresión en los cálculos:

$[H_3O^+]^2 = 1,64 \times 10^{-7} \times [HC]_i + 1,24 \times 10^{-7} \times [HD]_i$ (los términos $[HC]_i$ e $[HD]_i$ representan las concentraciones iniciales de los ácidos HC e HD.)

1.5. En otro experimento con la solución de muestra acuosa, se agregó una gran cantidad de agua desionizada a la solución de muestra, generando una solución muy diluida, en la que las concentraciones de ácido total son cercanas a cero. Calcule el porcentaje de ionización de cada ácido en esta solución diluida.

1.6. Las sales básicas NaC y NaD se utilizaron en la preparación de una solución para análisis. Calcula el pH de esta solución en la que la concentración inicial de NaC es de $0,06 \text{ mol.L}^{-1}$ y de NaD de $0,04 \text{ mol.L}^{-1}$.



Código de Alumno:

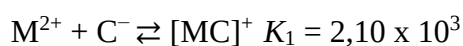
Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Un nutriente M^{2+} está presente en esta solución como un compuesto básico, $M(OH)_2$. Este mismo nutriente puede reaccionar con los aniones C^- y D^- formando complejos. Se añade una solución tampón a la solución del punto 1.6 para mantener el pH igual a 10,0. Los equilibrios químicos implicados se expresan a continuación. Considerando que no hubo un cambio significativo en el volumen de esta solución, responda:



1.7. Con base en los equilibrios químicos descritos, escriba la expresión de balance de masa que represente el cálculo de la solubilidad del compuesto $M(OH)_2$.

1.8. Calcula la solubilidad (en mol.L^{-1}) del compuesto $M(OH)_2$ en esta disolución.



Código de Alumno:

Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES

PROGRAMA NACIONAL
OLIMPIADAS DE QUÍMICA

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

--

Número	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	Total
Puntos	10	10	20	5	20	10	15	10	100
Nota									

Problema Teórico 2 (X%)

Brasil – El País del Aluminio



Brasil es actualmente el tercer mayor productor de óxido de aluminio del mundo. La bauxita, el mineral del que se extrae el aluminio, contiene entre un 30 y un 55 % de óxido de aluminio. En Brasil, la bauxita es de excelente calidad, con más del 40% de este óxido. El segundo componente principal de la bauxita (alrededor del 25%) es el óxido de hierro (III), que le da a este mineral su color rojizo. El tercer componente principal de la bauxita es el dióxido de silicio. Un proceso bien conocido para extraer óxido de aluminio de la bauxita es el Proceso Bayer, que se describe de forma simplificada a continuación:

Entre las dos impurezas principales (óxido de hierro (III) y dióxido de silicio) hay un óxido ácido y un óxido básico. El óxido básico se separa en un primer paso porque no reacciona con el NaOH. Luego, el óxido de aluminio reacciona con NaOH y agua (**Reacción 1**) formando exclusivamente el producto soluble **B**. El óxido ácido reacciona exclusivamente con NaOH (**Reacción 2**) formando agua y el producto **C** que también es soluble. La sustancia **C** reacciona con CaO (**Reacción 3**) formando NaOH y un compuesto **D** que es insoluble y se puede filtrar. Luego, la solución se neutraliza formando la sustancia **E** (**Reacción 4**) que, cuando se calcina, forma Al_2O_3 .

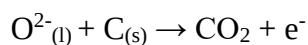
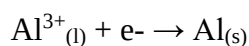
2.1. Escriba la fórmula de los compuestos A-E.

2.2. Escriba ecuaciones balanceadas que representen las reacciones 1-4.

Como el sólido E es gelatinoso y puede llevar impurezas en su formación, otra forma de purificar el aluminio es a partir de la síntesis de alumbre de potasio. Este compuesto es cristalino y fácil de separar. Su cristalización es sencilla y ocurre espontáneamente cuando existe una correcta proporción de iones Al^{3+} , K^{+} y SO_4^{2-} . Su composición final tiene una fórmula $\text{K}_x\text{Al}_y(\text{SO}_4)_w \cdot z\text{H}_2\text{O}$. Al realizar una descomposición térmica de este compuesto, se observó que entre 50 y 250 °C la muestra perdió el 45,2% de su masa inicial y por encima de los 750 °C la muestra perdió el 33,7% de su masa inicial, quedando como producto de descomposición una mezcla de óxidos de aluminio y potasio.

2.3. Determine los valores de **x**, **y**, **w** y **z**.

La parte más costosa de todo el proceso de producción de aluminio es su reducción. Esto ocurre porque es necesaria una electrólisis ígnea, utilizando un electrodo de carbón. Las semirreacciones sin balancear que se producen son las siguientes:



Como el punto de fusión del aluminio es muy alto, también se utiliza un fundente, lo que reduce el punto de fusión de la mezcla.

2.4. Escriba la reacción balanceada para el proceso de electrólisis.

2.5. Este proceso utiliza alrededor de 13000 kWh/t de aluminio formado. Parte de esta energía se utiliza para calentar el sistema y parte para la reacción electroquímica. Sabiendo que la diferencia de potencial utilizada es de 2 V y que la corriente aplicada es de 300 kA, calcule el porcentaje de energía gastado para la electrólisis.

El aluminio y sus compuestos tienen diversas aplicaciones. Puede, por ejemplo, aplicarse en forma metálica en la construcción civil, ya que es un metal poco susceptible a la oxidación. Sin embargo, debido a que tiene una densidad baja, se suele utilizar en algunas aleaciones con otros metales para hacerlo más resistente.

2.6. Suponiendo que el aluminio tiene una estructura cúbica centrada en las caras y un radio atómico de 143 pm, calcule la densidad teórica (en g/cm^3) del aluminio.

Una de las aleaciones de aluminio más densas es el Zircal, compuesta principalmente de aluminio y zinc.

2.7. Considerando que la adición de estas cantidades de zinc no cambia el volumen, calcule el porcentaje de Zn en una aleación con una densidad de $2,81 \text{ g/cm}^3$. Si no has resuelto el ejercicio 2.6, utiliza el valor de $2,70 \text{ g/cm}^3$ para la densidad del aluminio.

Un compuesto de aluminio muy importante en la catálisis es el cloruro de aluminio. Este compuesto sorprendentemente tiene enlaces covalentes y se puede encontrar en forma de AlCl_3 o Al_2Cl_6 . En su estructura dimérica, dos cloruros actúan como puente.

2.8. Dibujar las estructuras de Lewis de los compuestos AlCl_3 y Al_2Cl_6 considerando sus geometrías.

Número	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	Total
Puntos	10	10	10	10	20	10	15	15	100
Nota									

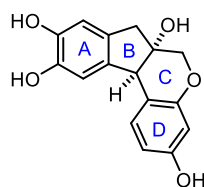
Problema Teórico 3 (X%)

El país del palo Brasil – Parte 1

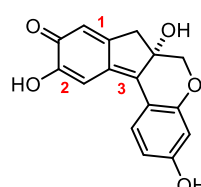
El palo Brasil, originalmente importado de las Indias Orientales, se usaba en Europa para hacer tintes mucho antes del descubrimiento del continente americano. Según relatos históricos, hacia el año 1190, el escritor español Kimichi ya había informado de la existencia de un palo de tinte llamado Bresil o Brasil (de brasa). Cuando los europeos descubrieron el nuevo continente y encontraron en el noreste de Brasil una madera que producía tinte del mismo color rojo, llamaron a este árbol palo brasil, que vino a dar el nombre de nuestro país. El palo brasil, perteneciente a la familia Leguminosae, era conocido como *Caesalpinia echinata*, habiendo sido reclasificado como *Paubrasilia echinata*.

Pintores como Rembrandt, Raphael, Van Gogh y Pietro da Cortona utilizaron pinturas que contenían pigmentos extraídos del palo brasil. Como ejemplo, en la pintura que se muestra en la Figura 1, el vestido rojo de Santa Cecília de Pietro da Cortona fue pintado con pintura que contenía extracto de palo brasil.

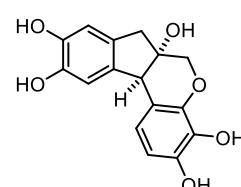
Durante más de un siglo, muchos químicos han estado estudiando la composición química del palo brasil y otras especies de *Caesalpinia*. Se han aislado, identificado y sintetizado varios compuestos a partir de especies de *Caesalpinia*, como brasilina (1), brasilina (2), hematoxilina (3) y brasilida A (4). En trabajos recientes se demostró que el compuesto presente en el rojo del vestido de Santa Cecília es la urolitina C (5).



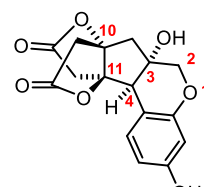
(+)-Brasilina (1)



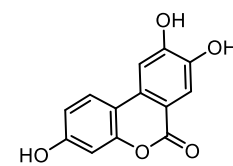
(-)-Brasileína (2)



(+)-Hematoxilina (3)



(+)-Brasilida A (4)



Urolitina C (5)

Figura 1 - Santa Cecília, obra pintada entre 1620-1625 por el italiano Pietro da Cortona. Las fórmulas estructurales de algunos compuestos aislados de *Caesalpinia* spp.

3.1. Con respecto a las fórmulas estructurales presentadas en la Figura 1, indique el número de carbonos asimétricos para cada uno de los compuestos 1 a 5.

Compuesto 1:	Compuesto 2:	Compuesto 3:
Compuesto 4:	Compuesto 5:	

3.2. Respecto a las fórmulas estructurales presentadas en la Figura 1, marque con una X cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:

☐	El compuesto 1 está más oxidado que 2.
☐	Todos los compuestos 1-5 son quirales.
☐	El compuesto 2 es una quinona.
☐	El compuesto 4 tiene tres funciones de lactona.

	La fórmula de la urolitina C que se presenta es racémica.
	El compuesto 4 tiene funciones fenol, alcohol, éter y cetona.
	El compuesto 2 se puede obtener por oxidación de 1 .
	El compuesto 3 está más oxidado que 1 .

3.3 Analice la fórmula del compuesto **2** y especifique la estereoquímica (E/Z) de los enlaces C=C (dobles enlaces 1, 2 y 3, como se muestra en la Figura 1) y la configuración absoluta (R/S) del carbono asimétrico.

Enlace C=C 1 :	Enlace C=C 3 :
Enlace C=C 2 :	Carbono asimétrico:

3.4. Observe la fórmula de (+)-brasílida A (**4**) y especifique las configuraciones absolutas (R/S) de los átomos de carbono asimétricos.

Carbono 3 :	Carbono 10 :
Carbono 4 :	Carbono 11 :

3.5. Con respecto al compuesto **5**, resuelve los siguientes ítems:

- A)** Dibujar las fórmulas estructurales de dos isómeros constitucionales de la urolitina **C** (**5**), que tienen el mismo esqueleto carbonado (manteniendo la misma estructura de los anillos);
- B)** Escriba la fórmula estructural del producto tetracíclico esperado de la reacción de urolitina **C** con acetona bajo catálisis ácida;
- C)** Escriba la fórmula estructural del producto esperado para la reacción de urolitina **C** con NaH (3.3 equivalentes) (intermedio (**5i**));

D) Escriba la fórmula estructural del producto de reacción de **5i** con exceso de yoduro de metilo (producto **5ii**);

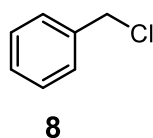
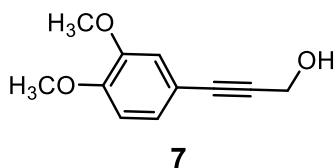
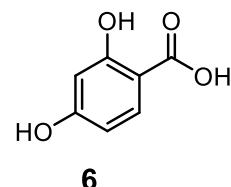
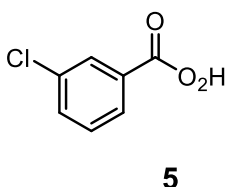
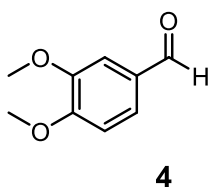
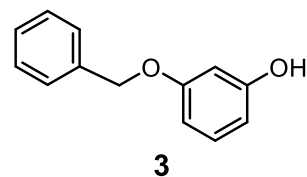
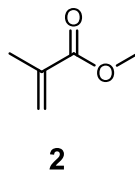
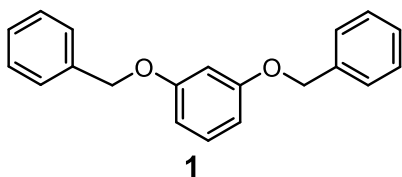
E) Escriba el tipo de mecanismo de reacción entre **5i** y yoduro de metilo.

A -	A -
B -	C -
D -	E- Tipo de mecanismo.

3.6. Dibuje la fórmula estructural para (-)-Brasilina (1) y para dos diastereoisómeros de (+)-Hematoxilina (3).

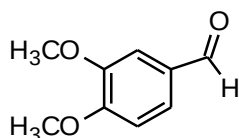
(-)-Brasilina	Diastereoisómeros de la (+) Hematoxilina.
----------------------	--

3.7. Escriba los nombres sistemáticos (IUPAC) de los compuestos cuyas fórmulas estructurales se enumeran a continuación (1-8). Estos compuestos se utilizaron en varias síntesis de constituyentes aislados del palo brasil.

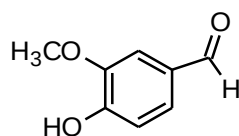


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

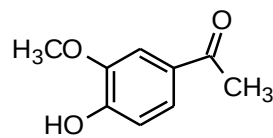
3.8. El 3,4-dimetoxibenzaldehído (**A**) se usa en la síntesis de homoisoflavonoides, como la brasilina, y se puede preparar a partir de la reacción de metilación de la vainillina (**B**). Considerando las sustancias **A**, **B** y **C**, marque la(s) alternativa(s) correcta(s):



(A)



(B)



(C)

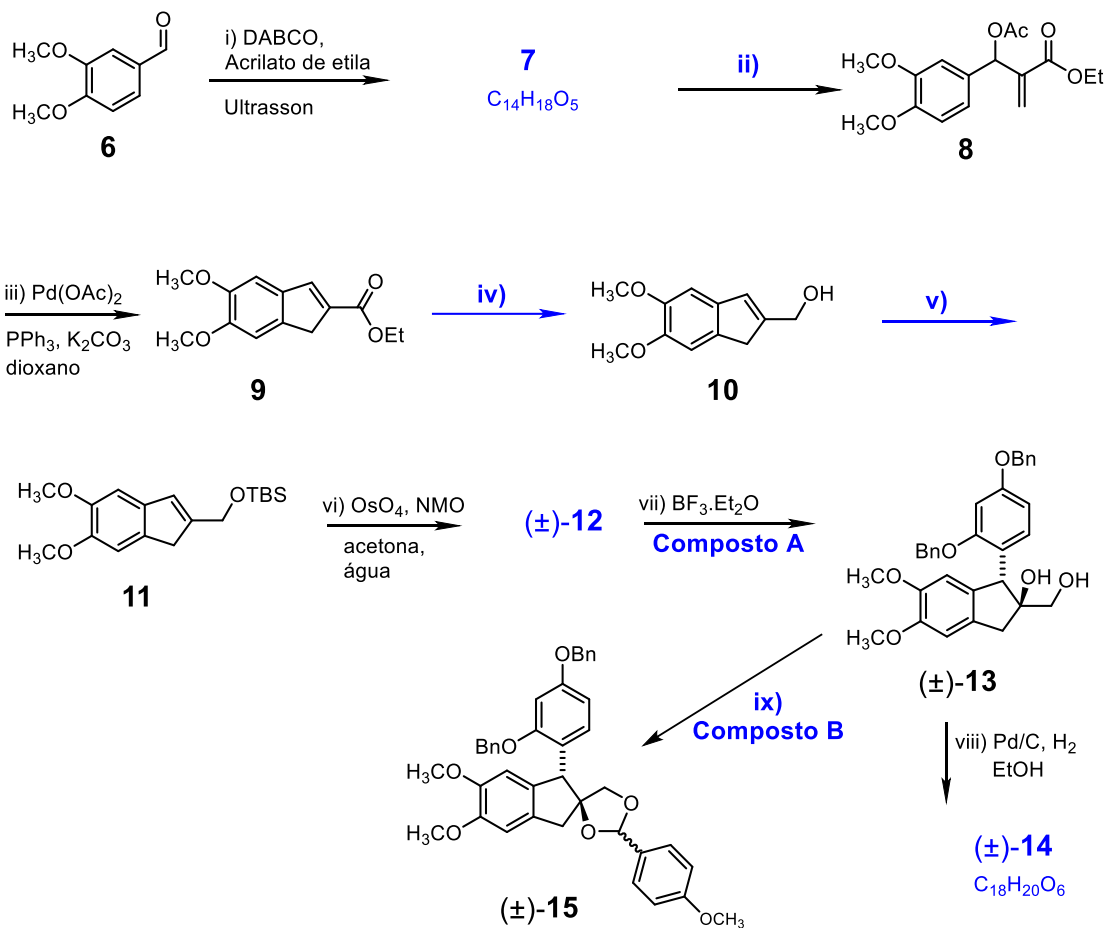
	I) Las sustancias A y C tienen temperaturas de fusión más altas que la sustancia B debido a la formación de enlaces de hidrógeno intermoleculares.
	II) La sustancia A tiene una temperatura de fusión más alta que la B , y B tiene una temperatura de fusión más alta que la sustancia C , mientras que la sustancia B es más soluble en agua que la A .
	III) La sustancia A tiene una temperatura de fusión más baja que la B y la sustancia A es menos soluble en agua que la B .
	IV) El grupo hidroxilo de la sustancia B es activador del anillo aromático y dirige la sustitución electrófila a la posición meta no sustituida con relación al grupo carbonilo.
	V) La formación de puentes de hidrógeno intermoleculares entre el átomo de oxígeno del grupo carbonilo de A y los hidrógenos del agua, justifica la mayor solubilidad en agua de esta sustancia en comparación con B y C .
	VI) La reactividad y orientación de la sustitución electrofílica aromática por las sustancias A , B y C son el resultado del conjunto de sus efectos inductivos y resonantes, siendo los grupos metoxilo y carbonilo orientadores orto y para, así como activadores de los anillos aromáticos.

Número	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	Total
Puntos	30	15	10	5	5	5	20	10	100
Nota									

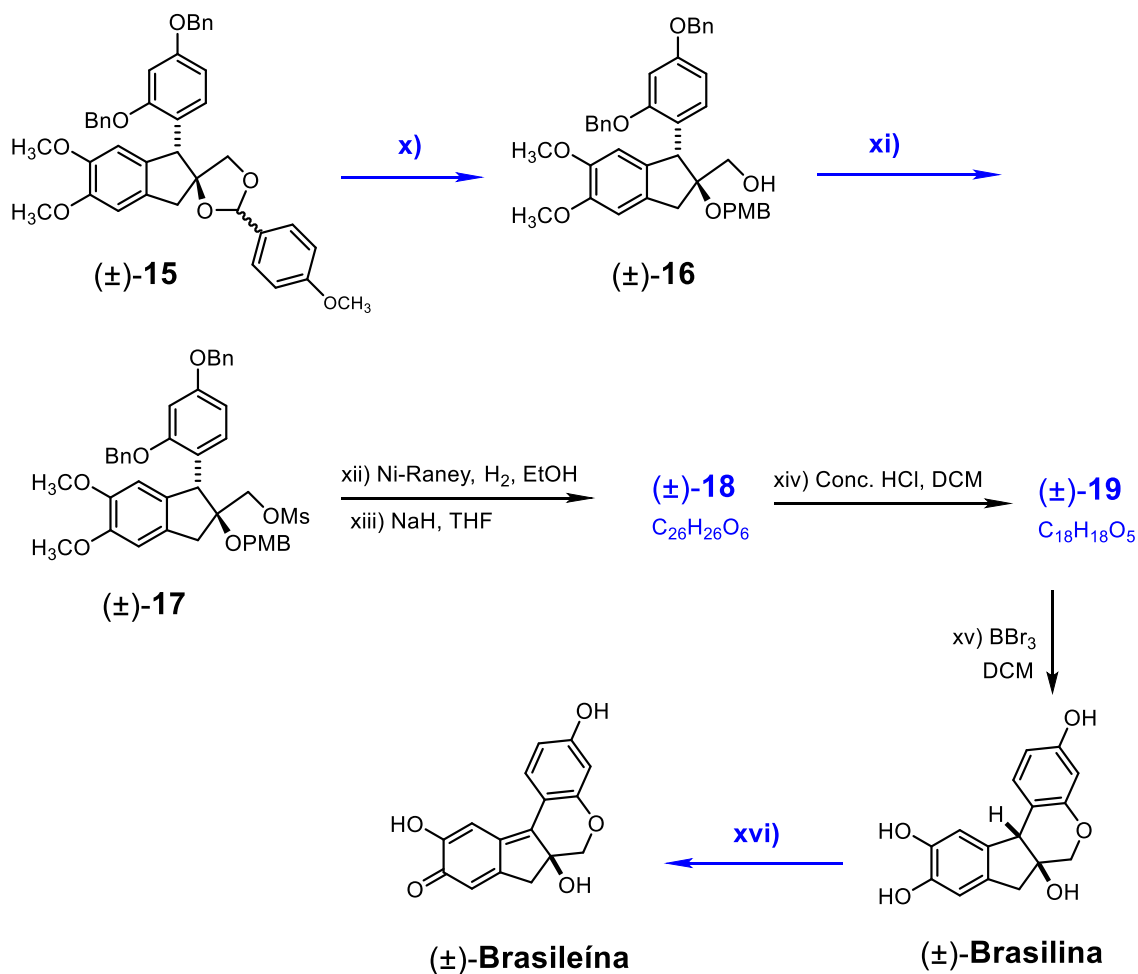
Problema Teórico 4 (X%)

El país del palo Brasil – Parte 2

Durante más de un siglo, varios investigadores han estado trabajando para desarrollar un procedimiento de síntesis de sustancias aisladas del palo brasil. En un trabajo reciente, Yadav y colaboradores describieron una síntesis de ($\pm$)-brasilina como se describe en los esquemas 1 y 2.



Esquema 1



Esquema 2

4.1. Proporcione los reactivos **ii**, **v**, **ix** (fórmula estructural o nombre IUPAC), así como las fórmulas estructurales de los compuestos $(\pm)\text{-7}$, $(\pm)\text{-12}$, $(\pm)\text{-14}$, **A** y **B**, necesarios para completar el Esquema 1. **Nota:** Los compuestos **7**, **12** y **14** se obtienen como mezclas racémicas. En estos casos, proporcione las fórmulas de uno solo de los enantiómeros.

Reactivo ii:	Reactivo v:
Reactivo ix:	Compuesto A
Compuesto B	Compuesto 7
Compuesto (±)-12	Compuesto (±)-14

4.2. Proporcionar los reactivos **xi** así como las fórmulas estructurales de los compuestos (±)-**18** y (±)-**19**, necesarios para completar el Esquema 2. **Nota:** Los compuestos **18** y **19** se obtienen como mezclas racémicas. En estos casos, proporcione las fórmulas de uno solo de los enantiómeros.

Reactivo xi:

Compuesto ($\pm$)-18	Compuesto ($\pm$)-19

4.3. Marque con una X, cuál de las siguientes condiciones de reacción podría usarse como **iv** para la conversión del intermedio **9** al compuesto **10**.

	PTSA, CH(OEt) ₃ , Tolueno
	DIBAL-H, HCl(conc.), DCM
	NaBH ₄ , DCM
	HCl (cat.), H ₂ O, MeOH
	DIBAL-H, DCM

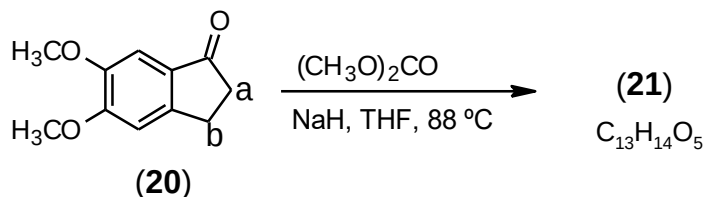
4.4. Marque con una X, cuál de las siguientes condiciones de reacción podría usarse como **x** para la conversión del intermedio ($\pm$)-**15** al compuesto ($\pm$)-**16**.

	AlCl ₃ , LiAlH ₄ , DCM
	LiAlH ₄ , H ₂ O, DCM
	HCl (cat.), H ₂ O, DCM, MeOH
	PTSA, CH(OEt) ₃ , Tolueno

4.5. La brasilina (1) puede oxidarse naturalmente en aire para producir el pigmento rojo brasilina (2). Marque con una X, con cuál de las siguientes condiciones de reacción se puede realizar la conversión de (2) en (1).

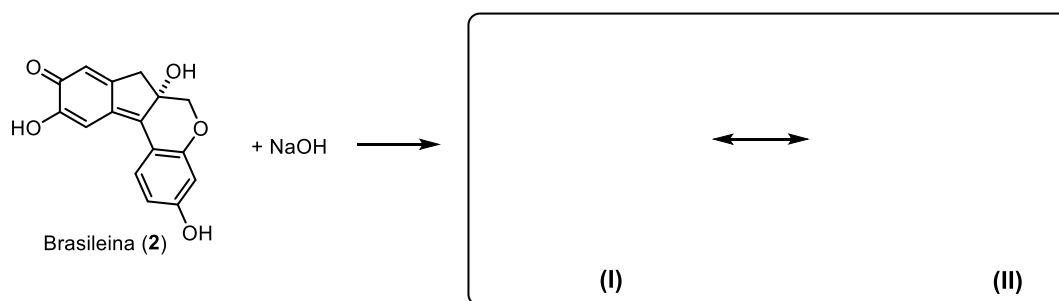
	NaBH ₄ , EtOH, bajo atmósfera de nitrógeno; HCl dil.
	H ₂ (1 atm.), MeOH.
	BBr ₃ , DCM
	KBH ₄ , MeOH, O ₂ (5 atm.); NaOH(aq.)

4.6. La 5,6-dimetoxi-2,3-dihidro-1H-inden-1-ona (20) es un compuesto de partida utilizado en una de las síntesis de brasilina descritas en la literatura. Inicialmente, se agrega NaH a una solución del compuesto (20) con carbonato de dimetilo (DMC) para formar el éster correspondiente (21). Teniendo en cuenta el siguiente esquema, escriba la fórmula estructural de la sustancia (21). Para el compuesto (20), ¿cuál de los hidrógenos de carbonilo α o β es más ácido?



El hidrógeno

4.7. Considerando los tres grupos hidroxilo de la brasileína (2), complete la ecuación que representa dos estructuras de resonancia para el anión formado por la reacción de esta sustancia con 1 equivalente de NaOH.



Códigos y fórmulas para los problemas 3 y 4:

DIBAL-H –

hidruro de diisobutilaluminio

DCM – Diclorometano

DMAP – 4-(N,N-dimetilamino)piridina o N,N-dimetilpiridin-4-amina

CSA – Ácido canforsulfónico

DABCO - 1,4-Diazabicyclo[2.2.2]octano

TBS - *tert*-butildimetilsilil

NMO – Óxido de *N*-metilmorfolina

MsCl – Cloruro de mesilo

Ac – Grupo acetil(o)

Número	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	Total
Puntos	18	18	18	10	10	8	18	100
Nota								

Problema Teórico 5 (X%)

La cinética de la comida en Teresina



La ciudad de Teresina es conocida por las altas temperaturas registradas en su territorio. Una curiosidad que se puede observar en algunos supermercados de la ciudad son los carteles con la siguiente información: “Señor cliente, por favor coloque los productos que necesitan refrigeración en su carrito al finalizar su compra, ya que se pueden estropear durante la misma”.

Si consideramos que el deterioro de los alimentos sigue la ecuación de Arrhenius, podemos usar los datos de vida útil y ajustarlos aproximadamente a una línea recta. La “velocidad de deterioro”, v , debe ser constante a una temperatura dada e inversamente proporcional a la vida útil, t . Entonces tenemos

$$t \cong \frac{1}{v} \cong c \times e^{-E_a/RT}$$

donde c es una constante, E_a es la energía de activación, R es la constante del gas y T es la temperatura absoluta.

Esta ecuación se puede usar convenientemente para obtener una estimación razonable de cómo la temperatura influye en la velocidad de las reacciones.

El empaque de cierto pollo empanado tiene entre sus datos que la vida útil del producto es de 48 h si se almacena a 5 °C y de un mes si se almacena a -12 °C.

5.1. Calcule la energía de activación de la reacción de descomposición de este pollo empanado.

Si no pudo resolver el ítem anterior, utilice el valor de energía de activación de 130 kJ mol⁻¹ para responder los ítems 5.2 y 5.3.

5.2. Suponiendo que la temperatura en un supermercado de Teresina es de 35 °C, determine cuántos minutos puede pasar un cliente con pollo empanado dentro del carrito, después de sacarlo de un congelador a -12 °C, hasta que se eche a perder.

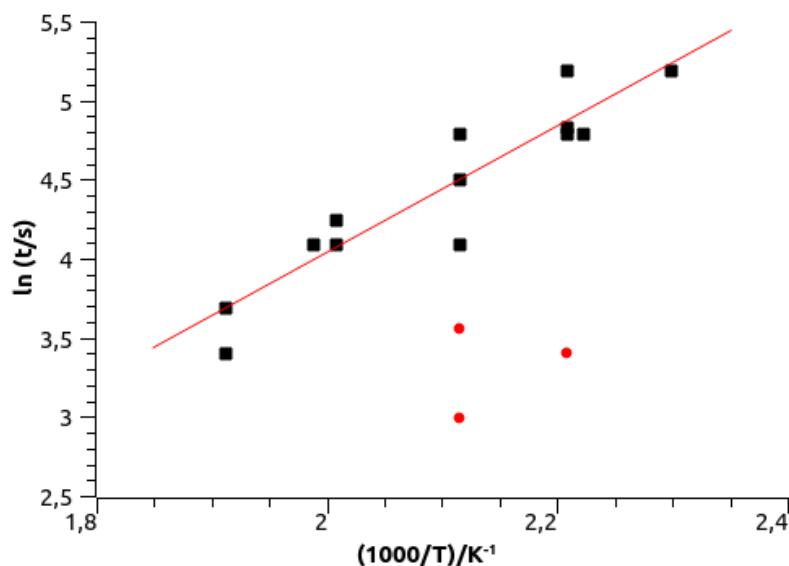
Una alternativa a la ecuación de Arrhenius para describir la dependencia de la velocidad de reacción con la temperatura en la industria alimentaria es el concepto de Q_{10} , que es la relación de constantes de velocidad a temperaturas que difieren en 10 °C, es decir

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T}$$

donde k_T es la constante de velocidad de la reacción a la temperatura T y k_{T+10} es la constante de velocidad de la reacción a la temperatura $T + 10$.

5.3. Usando 5 °C como temperatura de referencia, calcule el valor de Q_{10} .

La ecuación de Arrhenius también se puede usar para estimar la energía de activación de las reacciones que ocurren al cocinar los alimentos. La siguiente figura muestra el uso de la ecuación para estimar el tiempo de cocción de carnes de diferentes animales cortadas en filetes y trozos pequeños.



5.4. Asocia y explica los símbolos del gráfico con el tipo de corte con el que se relaciona (bistec o piezas pequeñas).

La ecuación de Arrhenius es una ecuación empírica que se adapta a muchas reacciones y, por lo tanto, se usa con frecuencia. Sin embargo, la teoría del estado de transición o teoría del complejo activado establece un vínculo entre la cinética y la termodinámica. La siguiente ecuación es un ejemplo de esta conexión.

$$k = \frac{k_B T}{h} e^{\frac{\Delta H^\ddagger}{RT}} e^{-\frac{\Delta S^\ddagger}{R}} (c^\circ)^{1-m}$$

donde k_B es la constante de Boltzmann, T la temperatura absoluta, h la constante de Planck, $\Delta H^\ddagger$ y $\Delta S^\ddagger$ son la entalpía y la entropía de activación, respectivamente, c° es la concentración molar estándar (1 mol dm^{-3}) y m es la molecularidad de la reacción. Así, se puede observar una dependencia entre la constante de velocidad, y por tanto la velocidad de reacción, con las llamadas entalpía y entropía de activación. Por ejemplo, una entalpía de activación elevada implicaría una reacción lenta, a menos que se compensara con un aumento de la entropía de activación, de forma que se pudiera observar una velocidad de reacción razonable.

5.5. Basándote en la información anterior, rellena la casilla con las palabras **alto** o **bajo** para lo que esperarías que fueran los valores de entalpía y entropía de activación para que se observara una velocidad de reacción razonable:

Reacción	$\Delta H^\ddagger$	$\Delta S^\ddagger$
Desenrollamiento de una proteína		
Reacciones bimoleculares		

5.6. Otra forma de reducir el tiempo de degradación de los alimentos es añadir sales. En el noreste de Brasil, especialmente en Teresina, un alimento muy popular es la carne de sol. Se prepara añadiendo sal a la carne y dejándola secar al sol. Este proceso debe hacerse con mucho cuidado, ya que dependiendo de la cantidad de sal añadida puede afectar a la textura de la carne y hacerla dura y difícil de masticar.

En la industria alimentaria, la denominada **actividad del agua**, A_w , se utiliza a menudo para evaluar la humedad óptima de los productos. Esta medida se define como

$$A_w = \frac{p_s}{p_w}$$

donde p_s es la presión de vapor de un producto o solución y p_w es la presión de vapor del agua pura.

Consideremos un trozo de carne en el que el 75% de su masa es agua. Durante el proceso de salazón para la producción de carne de sol, se pierde aproximadamente el 68% de la humedad de la carne. Basándose en la información, responda a los puntos **5.6** y **5.7**.

5.6. Marque con una X, el nombre del fenómeno responsable de la pérdida de humedad en la carne debido a la adición de sal.

	Criometría
	Ebulloscopia
	Ósmosis

5.7. Suponiendo que el valor ideal de A_w es 0,75 para la carne secada al sol y que la solución de agua y sal en la carne obedece a la ley de Raoult, determine la masa de sal de mesa, NaCl, que debe estar presente en 1 kg de carne secada al sol para que tenga el valor ideal de A_w .



Código de Alumno:

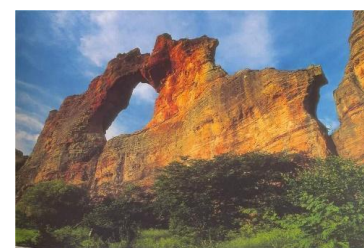


Número	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	Total
Puntos	30	15	40	10	5	100
Nota						

Problema Teórico 6 (X%)

Termodinámica de los minerales

El Parque Nacional da Serra da Capivara está situado en el sudeste del Estado de Piauí y corresponde a una importante área de preservación permanente situada en el dominio morfoclimático de las caatingas, con vegetación y relieve diversos (valles, montañas y llanuras).



En el Parque se encuentra uno de los yacimientos arqueológicos más relevantes de América, con la mayor concentración de pinturas rupestres del continente, que han aportado datos y vestigios esenciales para dilucidar el origen del hombre americano. En este contexto, diversos estudios permiten comprender la evolución del paisaje y las condiciones climáticas, entre otros factores.

En una investigación concreta de un yacimiento arqueológico, los científicos observaron dos sólidos con formas cristalinas diferentes, pero con los mismos resultados de análisis elemental. La masa molar del compuesto (la misma para ambos sólidos) se midió en $100,0 \text{ g mol}^{-1}$. Los experimentos de cristalografía indicaron que uno de los sólidos (denominado aquí

sólido 1) tiene una estructura cúbica con una fórmula por celda unitaria y con un parámetro de red de 3,94 Å y el otro sólido (denominado aquí sólido 2) tiene una estructura cúbica con dos fórmulas por celda unitaria y con un parámetro de red de 4,90 Å.

6.1. Calcula las densidades de los dos sólidos ($N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$). Expresa todos los cálculos en tu respuesta.

La relación de la energía libre molar de Gibbs de los sólidos con la presión, dado que los sólidos tienen un volumen molar prácticamente constante, dada su incompresibilidad, puede expresarse mediante la ecuación:

$$\underline{G} = \underline{G}^\circ + \underline{V}(P - P_0)$$

donde " $\underline{G} = \frac{G}{n}$ " es la energía libre de Gibbs molar del sólido a la presión "P", " $\underline{G}^\circ = \frac{G^\circ}{n}$ " es la energía libre de Gibbs molar estándar a la presión " P_0 " (= 1 atm), " $\underline{V} = \frac{V}{n}$ " es el volumen molar del sólido y "n" es el número de moles. La energía libre de Gibbs molar también se denomina potencial químico y, desde un punto de vista termodinámico, dos fases están en equilibrio cuando estos potenciales químicos se igualan.

Supongamos que en un cierto período de tiempo y bajo la presión P y la temperatura de 25°C , los sólidos 1 y 2 estuvieran en equilibrio. Se sabe por cálculos teóricos que la energía libre molar estándar de Gibbs de formación para el sólido 1 tiene un valor de $-1128,8 \text{ kJ mol}^{-1}$ y para el sólido 2, un valor de $-1127,6 \text{ kJ mol}^{-1}$.

6.2. Calcule el cambio de energía molar estándar de Gibbs para el equilibrio de transformación del sólido 1 en sólido 2. Exprese todos los cálculos en la respuesta.

6.3. Calcule el valor de la presión P citada anteriormente. Expresa todos los cálculos en tu respuesta. ($1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$).

Si no has respondido al punto 1, utiliza para el sólido 1 una densidad de $3,0 \text{ g cm}^{-3}$ y para el sólido 2, una densidad de $3,2 \text{ g cm}^{-3}$.

Si no ha respondido al punto 2, utilice el valor de $3,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ para el cambio de energía molar estándar de Gibbs para el equilibrio de transformación del sólido 1 en sólido 2.



Código de Alumno:

6.4. Considerando que el cambio de entropía para el equilibrio "sólido 1 $\rightleftharpoons$ sólido 2" es despreciable, calcule el valor de cambio de entalpía estándar para el equilibrio. Expresar todos los cálculos en la respuesta.





Código de Alumno:

6.5. Bajo presión estándar, el aumento de temperatura en el equilibrio mencionado favorece la formación de ¿cuál de los dos sólidos? Marca la casilla correcta.

☐

Sólido 1

☐

Sólido 2



Tabla Periódica de los elementos

1A (1)																		8A (18)																											
1 H 1.008		2A (2)																3A (13)		4A (14)		5A (15)		6A (16)		7A (17)		2 He 4.003																	
3 Li 6.941		4 Be 9.012																5 B 10.81		6 C 12.01		7 N 14.01		8 O 16.00		9 F 19.00		10 Ne 20.18																	
11 Na 22.99		12 Mg 24.31		3B (3)		4B (4)		5B (5)		6B (6)		7B (7)		8B (8) (9) (10)						1B (11)		2B (12)		13 Al 26.98		14 Si 28.09		15 P 30.98		16 S 32.07		17 Cl 35.45		18 Ar 39.95											
19 K 39.10		20 Ca 40.08		21 Sc 44.96		22 Ti 47.87		23 V 50.94		24 Cr 52.00		25 Mn 54.94		26 Fe 55.85		27 Co 58.93		28 Ni 58.69		29 Cu 63.55		30 Zn 65.41		31 Ga 69.72		32 Ge 72.61		33 As 74.92		34 Se 78.96		35 Br 79.90		36 Kr 83.80											
37 Rb 85.47		38 Sr 87.62		39 Y 88.91		40 Zr 91.22		41 Nb 92.91		42 Mo 95.94		43 Tc (97.9)		44 Ru 101.1		45 Rh 102.9		46 Pd 106.4		47 Ag 107.9		48 Cd 112.4		49 In 114.8		50 Sn 118.7		51 Sb 121.8		52 Te 127.6		53 I 126.9		54 Xe 131.3											
55 Cs 132.9		56 Ba 137.3		57 La 138.9		72 Hf 178.5		73 Ta 180.9		74 W 183.8		75 Re 186.2		76 Os 190.2		77 Ir 192.2		78 Pt 195.1		79 Au 197.0		80 Hg 200.6		81 Tl 204.4		82 Pb 207.2		83 Bi 209.0		84 Po (209.0)		85 At (210.0)		86 Rn (222.0)											
87 Fr (223.0)		88 Ra (226.0)		89 Ac (227.0)		104 Rf (261.1)		105 Db (262.1)		106 Sg (263.1)		107 Bh (262.1)		108 Hs (265)		109 Mt (266)		110 Ds (271)		111 Rg (272)		112 Cn (285)		113 Nh (284)		114 Fl (289)		115 Mc (288)		116 Lv (292)		117 Ts (294)		118 Og (294)											
6																		7																											
58 Ce 140.1		59 Pr 140.9		60 Nd 144.2		61 Pm (144.9)		62 Sm 150.4		63 Eu 152.0		64 Gd 157.3		65 Tb 158.9		66 Dy 162.5		67 Ho 164.9		68 Er 167.3		69 Tm 168.9		70 Yb 173.0		71 Lu 174.0																			
90 Th 232.0		91 Pa 231.0		92 U 238.0		93 Np (237.1)		94 Pu (244.1)		95 Am (243.1)		96 Cm (247.1)		97 Bk (247.1)		98 Cf (251.1)		99 Es (252.1)		100 Fm (257.1)		101 Md (258.1)		102 No (259.1)		103 Lr (260.1)																			