

Nombre: \_\_\_\_\_  
Cédula de Identidad: \_\_\_\_\_  
Liceo: \_\_\_\_\_  
Departamento: \_\_\_\_\_

## XVII OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 3

### Planilla de corrección

1a	1b	1c	1d	1e	1f	2a	2b	2c	2d	2e	2f
2g	3a	3b	3c	3d	3e	3f	3g	3h	4a	4b	4c
4d	4e	4f	5a	5b	5c	5d	5e	Total/100			

### QUÍMICA AMBIENTAL

La Química Ambiental se dedica al estudio de los procesos fisicoquímicos que ocurren por la interacción de la tierra, el agua, el aire y los organismos vivos. Imagínate que te conviertes en un Químico especializado en Medio Ambiente, y como tal deberás resolver problemas relacionados con las fuentes, reacciones, efectos y destinos de las diversas especies químicas existentes en las aguas naturales, en el suelo y en la atmósfera.

#### PROBLEMA 1: QUÍMICA ACUÁTICA

(20 PUNTOS)

La rama de la Química Ambiental dedicada a los fenómenos químicos que ocurren en las aguas naturales es la llamada Química Acuática. Los sistemas que estudia incluyen lagos, ríos, mares, océanos e, incluso, los acuíferos subterráneos. Un aspecto fundamental del estudio de los sistemas acuáticos es el análisis de los gases disueltos. Estos gases regulan la existencia de vida marina. Piensa en el oxígeno, sin el cual los organismos aerobios, como los peces, no podrían sobrevivir.

a) El oxígeno molecular ( $O_2$ ) disuelto en las aguas naturales es utilizado por los organismos acuáticos para transformar la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) en dióxido de carbono gaseoso y agua líquida. Escribe la ecuación igualada que representa a este proceso, indicando estados de agregación.



b) Tomas una muestra de 250 mL de un río. Si la solubilidad del  $O_2$  es 8,32 mg/L, ¿cuántos mg de glucosa serán necesarios para consumir todo el  $O_2$  de la muestra? ¿Cuántos mL de  $CO_2$  se obtendrán como máximo si el gas se recoge a 25 °C y 1 atm? (3 puntos)

$$V = 250 \text{ mL} \rightarrow m_{O_2} = (8,32)(0,25) = 2,08 \text{ mg} \quad (0,5 \text{ punto})$$

$$n_{O_2} = (2,08 \times 10^{-3}) / (32) = 6,5 \times 10^{-5} \text{ mol} \quad (0,5 \text{ punto})$$

$$n \text{ glucosa} = (6.5 \times 10^{-5})/6 = 1.08 \times 10^{-5} \text{ mol} \quad (0.5 \text{ punto, no se penaliza doble con a})$$

$$m \text{ glucosa} = (1.08 \times 10^{-5}) 180 = 1.944 \times 10^{-3} \text{ g} \rightarrow 1.94 \text{ mg} \quad (0.5 \text{ punto, no se penaliza doble con a})$$

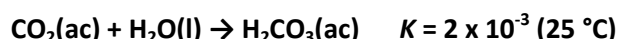
$$n \text{ CO}_2 = 6.5 \times 10^{-5} \text{ mol} \quad (0.5 \text{ punto, no se penaliza doble con a})$$

$$V \text{ CO}_2 = (6.5 \times 10^{-5} \text{ mol})(0.082)(298)/(1) = 1.58 \times 10^{-3} \text{ L} \rightarrow 1.58 \text{ mL} \quad (0.5 \text{ punto, no se penaliza doble con a})$$

Masa de glucosa =

Volumen de CO<sub>2</sub> =

c) El CO<sub>2</sub> generado por los organismos acuáticos se disuelve parcialmente en el agua, con una solubilidad de  $1,146 \times 10^{-5}$  mol por litro, a 25 °C. Dado que es un óxido ácido, reacciona con el agua según:



Es por esto que algunos Químicos representan al CO<sub>2</sub> disuelto como "H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>". Demuestra que esto es incorrecto, calculando qué porcentaje del CO<sub>2</sub> disuelto se habrá convertido en H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al llegar al equilibrio.



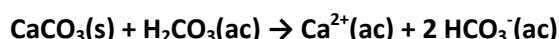
$$1.146 \times 10^{-5} - x \quad x \quad (2 \text{ puntos})$$

$$K = 2 \times 10^{-3} = x / (1.146 \times 10^{-5} - x) \rightarrow x = 2.29 \times 10^{-8} \text{ M} \quad (1 \text{ punto})$$

$$\% \text{ CO}_2 \text{ convertido} = (2.29 \times 10^{-8} / 1.146 \times 10^{-5}) 100 = 0.2 \% \quad (1 \text{ punto})$$

Porcentaje de CO<sub>2</sub> convertido =

d) El ácido carbónico generado es capaz de neutralizar el carbonato de calcio subterráneo, disolviéndolo y contribuyendo a la formación de las cuevas que contienen piedra caliza, de acuerdo con:



Deseas reproducir esta reacción en el laboratorio, donde su rendimiento es 93 %. Si partes de 8 g de piedra caliza (CaCO<sub>3</sub> 85 % puro) y 80 mL de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,01 mol/L, el volumen final resulta 83 mL. ¿Cuál será la concentración molar final de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>?

$$V = 80 \text{ mL} \rightarrow n \text{ H}_2\text{CO}_3 = (0.080)(0.01) = 8 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad (0.5 \text{ punto}) \quad (4 \text{ puntos totales})$$

$$m \text{ CaCO}_3 = (0.85)(8) = 6.8 \text{ g} \quad (1 \text{ punto})$$

$$n \text{ CaCO}_3 = (6.8)/100 = 0.068 \text{ mol} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \text{ R.L.} \quad (1 \text{ punto})$$

$$n \text{ HCO}_3^{-} = (8 \times 10^{-4}) (2) (0.93) = 1.49 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (1 \text{ punto})$$

$$[\text{HCO}_3^{-}] = (1.49 \times 10^{-3}) / (0.083) = 0,0179 \text{ M} \quad (0.5 \text{ punto})$$

[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] =

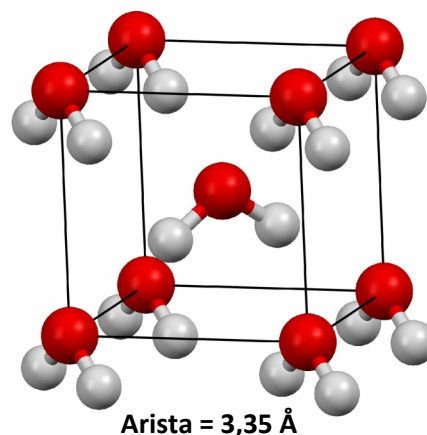
e) Cerca de los polos, donde la temperatura puede llegar a decenas de grados bajo cero, el agua se congela. Gracias a que el hielo es menos denso que el agua, flota, y aísla térmicamente al agua que queda por debajo. Esto evita que los ríos, lagos y mares polares se congelen totalmente, preservando la vida marina. Para demostrar que es menos denso decides determinar la densidad del hielo. Tomas un cubo de hielo de 2 cm de arista y lo colocas en un recipiente rígido y cerrado de 10 L. Fundes todo el hielo a 70 °C, obteniendo 5,48 mL de agua líquida ( $d = 0,978 \text{ g/mL}$ ) y 0,31 atm de vapor de agua. ¿Cuál es la densidad del hielo?

$m \text{ agua líquida} = (5.48)(0.978) = 5.36 \text{ g}$	(0.5 punto)	(3 puntos totales)
$n \text{ agua gas} = (0.31)(10)/(0.082)(343) = 0.1102 \text{ mol}$	(0.5 punto)	
$m \text{ agua gas} = (0.1102)(18) = 1.98 \text{ g}$	(0.5 punto)	
$\text{masa agua total} = 5.36 + 1.98 = 7.34 \text{ g}$	(0.5 punto)	
$V \text{ cubo de hielo} = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ cm}^3 = 8 \text{ mL}$	(0.5 punto)	
$d \text{ hielo} = (7.34) / (8 \text{ mL}) = 0.918 \text{ g/mL}$	(0.5 punto)	

densidad del hielo =

f) Ahora te preguntas qué pasaría si el agua sólida fuese más densa que su fase líquida. En estas condiciones, el hielo decantaría al fondo de los ríos, lagos y mares, permitiendo que el agua por encima se congele completamente. Toda la vida marina se vería obligada a emigrar o morir.

En la superficie de Titán, una de las lunas de Saturno, existen grandes lagos congelados de este estilo, formados por el hielo VII, más denso que el agua líquida. En la figura se muestra la celda unidad cúbica del mismo, en donde se aprecia una molécula de agua en el centro y 8 moléculas de agua en los vértices, compartidas por celdas unidad adyacentes en la red cristalina. En total, 2 moléculas de agua se encuentran dentro de la celda unidad.



Calcula la densidad del hielo VII, y comprueba que es incluso más denso que el calcio ( $d = 1,54 \text{ g/mL}$ ).

Datos:  $N = 6,023 \times 10^{23}$  partículas/mol       $V_{\text{cubo}} = \text{arista}^3$        $1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} = 1 \times 10^{-8} \text{ cm}$

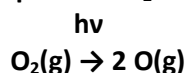
$m \text{ agua} = (18 \times 2)/6.02 \times 10^{23} = 5.98 \times 10^{-23} \text{ g}$	(1 punto)	(4 puntos totales)
$V = (3.35 \times 10^{-8})^3 = 3.75 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$	(2 puntos)	
$d = 5.98 \times 10^{-23} / 3.75 \times 10^{-23} = 1.59 \text{ g/mL}$	(1 punto)	

densidad del hielo VII =

**PROBLEMA 2: QUÍMICA ATMOSFÉRICA****(20 PUNTOS)**

La atmósfera es la capa protectora que nutre la vida en la tierra, protegiéndola del ambiente hostil del espacio exterior. Los procesos químicos que se dan a nivel atmosférico permiten que existan especies químicas que contienen H, N, C y O, elementos que todos los seres vivos necesitamos para subsistir. Indudablemente, el oxígeno juega un rol esencial en la química atmosférica. De hecho, es quien da lugar al ozono, el agente protector más importante contra las intensas y dañinas radiaciones solares.

a) En la atmósfera superior, las moléculas de O<sub>2</sub> absorben cada una un fotón solar de energía  $E = hv$ . Esta energía se utiliza completamente para descomponer al O<sub>2</sub> en oxígeno atómico:



Sabiendo que la energía de enlace del O<sub>2</sub> es 498 kJ por mol de moléculas de O<sub>2</sub>, ¿cuál será, aproximadamente, la longitud de onda en nm de cada fotón que se absorbe? **(3 puntos)**

Datos:  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$     $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$     $N = 6,023 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$     $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$     $\lambda = c/v$

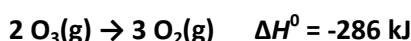
$$E \text{ por partícula} = 498 / 6.02 \times 10^{23} = 8.27 \times 10^{-22} \text{ kJ} = 8.27 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (1 \text{ punto})$$

$$E = hv \rightarrow 8.27 \times 10^{-19} \text{ J} = (6.63 \times 10^{-34}) v \rightarrow v = 1.25 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} \quad (1 \text{ punto})$$

$$\lambda = c/v = 3 \times 10^8 / 1.25 \times 10^{15} = 2.40 \times 10^{-7} \text{ m} = 240 \text{ nm} \quad (1 \text{ punto})$$

Longitud de onda =

b) Los átomos de oxígeno son muy reactivos, y reaccionan con el O<sub>2</sub> produciendo O<sub>3</sub>. El nivel de ozono atmosférico es idealmente constante, ya que además de generarse a partir del oxígeno atómico, se descompone en la atmósfera según:



Este proceso ha sido intensamente estudiando a nivel de laboratorio. En 2002, Clint Schibner y su grupo de investigación obtuvieron los siguientes datos de velocidades iniciales de descomposición del O<sub>3</sub> a 25 °C:

Experimento	Velocidad inicial (M/min)	Concentración inicial de O <sub>3</sub> (M)	Concentración inicial de O <sub>2</sub> (M)
1	$2,16 \times 10^{-7}$	$1,94 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-3}$
2	$1,11 \times 10^{-7}$	$1,39 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-3}$
3	$1,08 \times 10^{-6}$	$1,94 \times 10^{-5}$	$2,00 \times 10^{-4}$

Marca cuál de las siguientes opciones es correcta en cada caso.

**(2 puntos)**

En el experimento 1, luego de 2 minutos la [O<sub>3</sub>] vale:

$3,88 \times 10^{-5} \text{ M}$

$1,94 \times 10^{-5} \text{ M}$

$1,85 \times 10^{-5} \text{ M}$  **X**

$6,48 \times 10^{-7} \text{ M}$

Aproximadamente, la entalpía de formación del O<sub>3</sub> vale:

$-95,3 \text{ kJ/mol}$

$+286 \text{ kJ/mol}$

$-286 \text{ kJ/mol}$

$+143 \text{ kJ/mol}$  **X**

c) La ley de velocidad que determinaron es muy interesante, ya que depende no sólo de la concentración de  $O_3$  sino además de la de  $O_2$ , el producto de la reacción:  $v = k [O_3]^a [O_2]^b$ . Determina a y b. (2 puntos)

$$v_1/v_2 = (2.16/1.11) = (1.94/1.39)^a \rightarrow 1.95 = 1.40^a \rightarrow a = 2$$

$$v_1/v_3 = (2.16/10.8) = (1/0.2)^b \rightarrow 0.2 = 5^b \rightarrow b = -1$$

a =

b =

d) Este proceso de descomposición es más lento a la temperatura de la atmósfera superior (-60 °C). Para demostrarlo, calcula la constante de velocidad a -60 °C y compárala con el valor a 25 °C: 0,574 min<sup>-1</sup>.

Datos: Factor preexponencial de Arrhenius =  $2,08 \times 10^6 \text{ min}^{-1}$

Energía de activación = 37,4 kJ/mol

$$k = A e^{-E_a/RT} = (2.08 \times 10^6) e^{-37.4/(8.31 \times 10^{-3})(213)} = 1.385 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1} \quad (2 \text{ puntos})$$

k (-60 °C) =

e) Debido a la acción de hombre, la atmósfera se ha ido contaminando con el pasar del tiempo. Es así que hoy en varias ciudades del mundo, como Londres, puede observarse un cielo grisáceo debido al "smog". Una parte del smog se genera por la quema de combustibles conteniendo pirita, según:

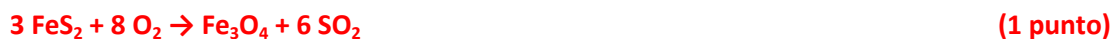


El óxido de hierro generado se suspende en el aire, reflejando la luz solar y oscureciendo el cielo. Sabiendo que 3 moles de pirita contienen sólo 3 moles de Fe y 6 moles de S, y que el "óxido de hierro" (masa molar = 231,55 g/mol) posee una composición de 72,4 % de Fe y 27,6 % de O, iguala la reacción anterior.

$$3 \text{ mol Pirita} = 3 \text{ mol de Fe} + 6 \text{ mol de S} \rightarrow FeS_2 \quad (1 \text{ punto}) \quad (4 \text{ puntos totales})$$

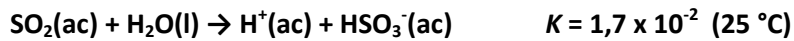
$$100 \text{ g Óxido de hierro} \rightarrow 72.4 \text{ g Fe} + 27.6 \text{ g O} \rightarrow 1.296 \text{ mol Fe} + 1.725 \text{ mol O} \quad (1 \text{ punto})$$

$$n \text{ Fe} / n \text{ O} = 0.75 \rightarrow Fe_3O_4 \text{ (PM} = 231.55) \quad (1 \text{ punto})$$



Reacción igualada:

f) El  $\text{SO}_2$  generado por la reacción anterior es un contaminante gaseoso que asciende a la atmósfera, se disuelve en el agua de la atmósfera y reacciona donando  $\text{H}^+$  a la solución:



Esto provoca lo que conocemos como "lluvia ácida". Sabiendo que la concentración de  $\text{SO}_2$  en equilibrio es 0,0064 mg/L, calcula el pH de la lluvia ácida y verifica que es menor que el de la lluvia normal (pH = 5,6).

(3 puntos)

$$[\text{SO}_2]_{\text{eq}} = (0.0064)/(1000 \times 64) = 1 \times 10^{-7} \text{ M} \quad (1 \text{ punto})$$

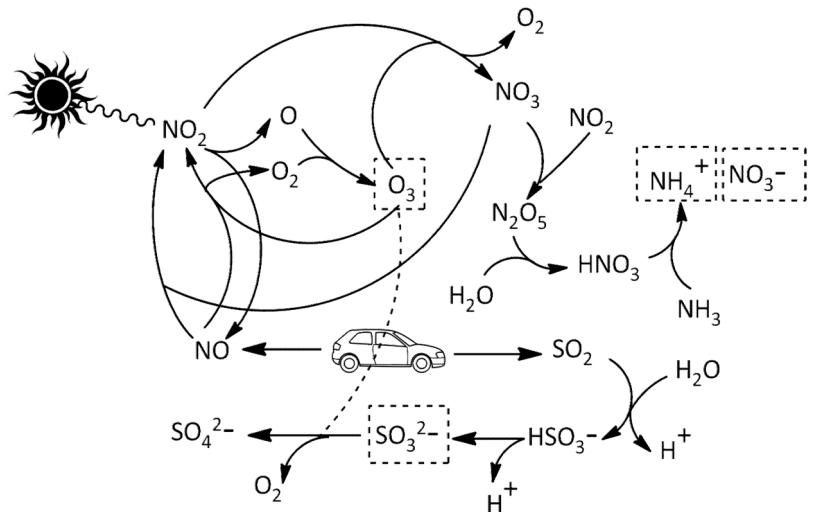


$$1 \times 10^{-7} \quad \text{---} \quad x \quad \quad x \quad (1 \text{ punto})$$

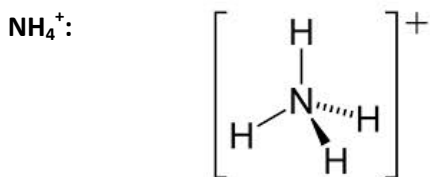
$$1.7 \times 10^{-2} = x^2/(1 \times 10^{-7}) \rightarrow x = 4.1 \times 10^{-5} \text{ M} \rightarrow \text{pH} = 4.4 \quad (1 \text{ punto})$$

pH de la lluvia ácida:

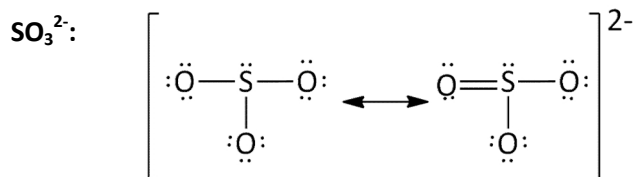
g) Un tipo de smog bastante frecuente es el "smog fotoquímico", que se puede observar en ciudades como Los Ángeles o México. Como te muestra la figura, es llamado así porque los rayos solares dan lugar a una serie de reacciones que producen especies tóxicas, como O,  $\text{NO}_2$  ó  $\text{SO}_3^{2-}$ , que envenenan a la atmósfera.



Dibuja la estructura de Lewis e indica la geometría molecular de los siguientes contaminantes. (4 puntos)



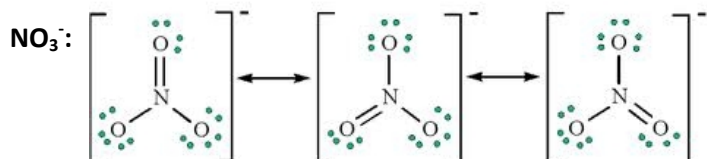
TETRAÉDRICA



PIRÁMIDE TRIGONAL



ANGULAR



TRIGONAL PLANA

**PROBLEMA 3: GEOQUÍMICA****(20 PUNTOS)**

La Geoquímica es la especialidad de la Química Ambiental que estudia la abundancia, distribución y migración de los elementos entre las diferentes partes que conforman la Tierra. Utiliza como datos principales las transformaciones de los minerales componentes de la corteza terrestre, con el propósito de establecer leyes o principios en las cuales se basa tal distribución.

Los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre son el oxígeno (46,6 %), el silicio (27,7 %), el aluminio (8,1 %), el hierro (5,0 %), el calcio (3,6 %), el sodio (2,8 %), el potasio (2,6 %) y el magnesio (2,1 %). Todos ellos se hallan formando parte de diversos minerales, los que tienen gran importancia no sólo por ser un recurso natural de gran jerarquía para la economía de un país, sino porque además contienen muchos de los elementos que resultan esenciales para la vida.

a) Para los siguientes minerales, indica nombre, fórmula, tipo de sólido (iónico, metálico, molecular o de red covalente) e iones que los componen. La primera fila ya está resuelta como ejemplo. (4 pts, 0,2 c/u)

Mineral	Nombre	Fórmula	Tipo de sólido	Catión	Anión
Halita	Cloruro de sodio	NaCl	Iónico	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>
Corindón	Óxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Iónico	Al <sup>3+</sup>	O <sup>2-</sup>
Galena	Sulfuro de plomo(II)	PbS	Iónico	Pb <sup>2+</sup>	S <sup>2-</sup>
Azufre	Azufre	S <sub>8</sub>	Molecular		
Fluorita	Fluoruro de calcio	CaF <sub>2</sub>	Iónico	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>
Cobre	Cobre	Cu	Metálico		
Cuarzo	Dióxido de silicio	SiO <sub>2</sub>	Red covalente		
Evaporitas	Cromato de calcio	CaCrO <sub>4</sub>	Iónico	Ca <sup>2+</sup>	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	Perclorato de calcio	Ca(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Iónico	Ca <sup>2+</sup>	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
	Iodato de calcio	Ca(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Iónico	Ca <sup>2+</sup>	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

b) Las siguientes series contienen iones presentes en la corteza terrestre. Ordénalos por radio creciente. Indica asimismo la configuración electrónica del estado fundamental para el azufre y el ion Ni<sup>2+</sup>. (2 pts)

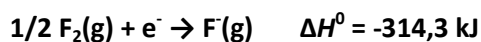
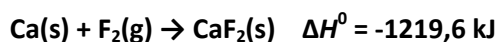
Br<sup>-</sup> F<sup>-</sup> Cl<sup>-</sup> I<sup>-</sup> : F<sup>-</sup> < Cl<sup>-</sup> < Br<sup>-</sup> < I<sup>-</sup>

Na<sup>+</sup> Mg<sup>2+</sup> K<sup>+</sup> Al<sup>3+</sup> : Al<sup>3+</sup> < Mg<sup>2+</sup> < Na<sup>+</sup> < K<sup>+</sup>

Configuración electrónica del azufre: S: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>4</sup>

Configuración electrónica del ion Ni<sup>2+</sup>: Ni<sup>2+</sup>: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup> 3d<sup>8</sup>

c) Un parámetro muy usado para estimar la estabilidad de un mineral iónico es su energía de red ( $U$ ).  $U$  se define como la energía empleada para transformar un mol de sólido iónico en sus iones gaseosos. Mediante la combinación de los siguientes procesos y sus variaciones de entalpía, calcula la energía de red del  $\text{CaF}_2(\text{s})$  y marca la opción correcta. (2 puntos)



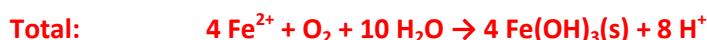
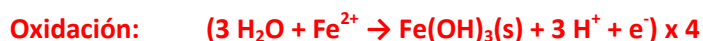
$U = 1220 \text{ kJ/mol}$

$U = 2504 \text{ kJ/mol}$

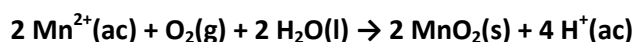
$U = 379 \text{ kJ/mol}$

$U = 2818 \text{ kJ/mol}$

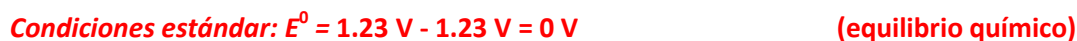
d) La corteza terrestre contiene una gran reserva de agua dulce que se extrae para riego y consumo humano. La permeabilidad de los minerales presentes determinan el grado en que el agua se traslada desde las fuentes subterráneas a los acuíferos. Debido a la contaminación de los suelos y las aguas, iones como el  $\text{Fe}^{2+}$  y el  $\text{Mn}^{2+}$  se acumulan en los acuíferos, son oxidados por el  $\text{O}_2$  y dan lugar a fases sólidas que obstruyen la entrada agua a estos reservorios. Esto ha hecho que más y más acuíferos se sequen, y que el suministro de agua dulce sea cada vez menor. Iguala la reacción redox entre el  $\text{Fe}^{2+}$  y el  $\text{O}_2$ , sabiendo que el primero se oxida a  $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$  y el segundo se reduce a agua líquida. Considera medio ácido. (2 ptos)



e) En el caso del  $\text{Mn}^{2+}$  se forma  $\text{MnO}_2(\text{s})$ , de acuerdo con la ecuación siguiente:



En condiciones estándar y a 298 K, se ha determinado que  $E^0(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) = 1,23 \text{ V}$  y  $E^0(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$ . Sin embargo, estos potenciales cambian en las condiciones de las aguas subterráneas, donde sus valores son  $E(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) = 0,742 \text{ V}$  y  $E(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 0,848 \text{ V}$ . Calcula el potencial de celda en ambos casos e indica si el proceso será espontáneo, no espontáneo o estará en equilibrio químico. (2 puntos)

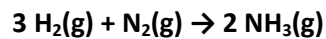


$E(\text{condiciones estándar}) =$

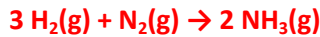
$E(\text{aguas naturales}) =$

f) La corteza terrestre es esencial para la vida en la tierra. Brinda nutrientes a las plantas en formas químicas saludables y asimilables por sus raíces. Sin embargo, existen ciertos elementos químicos que deben presentarse de forma abundante en los suelos para que la producción vegetal sea satisfactoria. Dentro de ellos se encuentra el N, el cual puede administrarse eficazmente a través de fertilizantes. El amoníaco constituye la base para la producción de los fertilizantes nitrogenados, y la gran mayoría de las fábricas contienen instalaciones que lo sintetizan a través del proceso Haber:





Eres contratado como Químico a cargo de una planta de producción de amoníaco para fertilizantes. Para poner a punto el proceso anterior realizas varios experimentos. En uno de ellos colocas en un recipiente cerrado y rígido, a 200 °C, 3,394 atm de hidrógeno y 2,133 atm de nitrógeno. Cuando se ha llegado al equilibrio, la presión total es 4,215 atm. Calcula la presión parcial de cada gas en el equilibrio. (3 puntos)



$$3.394 - 3x \quad 2.133 - x \quad 2x \quad (1 \text{ punto})$$

$$p_{\text{total}} = 3.394 + 2.133 \text{ atm} - 2x = 4.215 \text{ atm} \rightarrow x = 0.656 \text{ atm} \quad (1 \text{ punto})$$

$$p_{\text{H}_2} = 3.394 - 3(0.656) = 1.426 \text{ atm}$$

$$p_{\text{N}_2} = 2.133 - 0.656 = 1.477 \text{ atm} \quad (1 \text{ punto})$$

$$p_{\text{NH}_3} = 2(0.656) = 1.312 \text{ atm}$$

$$p_{\text{eq}} \text{ de } \text{H}_2 = 1.426 \text{ atm}$$

$$p_{\text{eq}} \text{ de } \text{N}_2 = 1.477 \text{ atm}$$

$$p_{\text{eq}} \text{ de } \text{NH}_3 = 1.312 \text{ atm}$$

g) Los Ingenieros utilizan frecuentemente los valores de  $K_p$ , ya que se relacionan directamente con las presiones de los gases dentro del reactor. Sin embargo, los Químicos prefieren manejar los valores de  $K_c$ , ya que les resulta útil analizar la influencia de las concentraciones de reactivos y productos sobre el equilibrio. Si el Ingeniero a cargo de la planta te informa que  $K_p = 0,40$  a 200 °C, ¿cuál será el valor de  $K_c$ ?

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \rightarrow 0.40 = K_c [(0.082)(473)]^{-2} \rightarrow K_c = 602 \quad (1 \text{ punto total})$$

$$K_c =$$

h) Deseas optimizar el rendimiento de la reacción respecto del  $\text{NH}_3$  gas variando la temperatura de trabajo. Para esto realizas experimentos a diferentes temperaturas y observas que al pasar de 400 °C a 500 °C, el valor de  $\Delta G^0$  cambia de 48,8 kJ/mol a 71,6 kJ/mol. ¿Cuáles serán los valores de  $\Delta S^0$  y  $\Delta H^0$ ? ¿Por debajo de qué temperatura el proceso será espontáneo en condiciones estándar?

Considera que  $\Delta S^0$  y  $\Delta H^0$  son independientes de la temperatura. (4 puntos)

$$\left. \begin{array}{l} 48.8 = \Delta H^0 - 673 (\Delta S^0) \\ 71.6 = \Delta H^0 - 773 (\Delta S^0) \end{array} \right\} \text{resto ambas} \rightarrow 48.8 - 71.6 = (773 - 673) \Delta S^0 \rightarrow \Delta S^0 = -0.228 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta H^0 = 48.8 + 673 (\Delta S^0) = 48.8 + 673 (-0.228) = -104.6 \text{ kJ}$$

$$\text{El proceso será espontáneo cuando } \Delta G^0 \leq 0 \rightarrow 0 = -104.6 - T (-0.228) \rightarrow T = 459 \text{ K (186 } ^\circ\text{C)}$$

$$\Delta S^0 =$$

$$\Delta H^0 =$$

$$T =$$

**PROBLEMA 4: QUÍMICA ANALÍTICA AMBIENTAL**

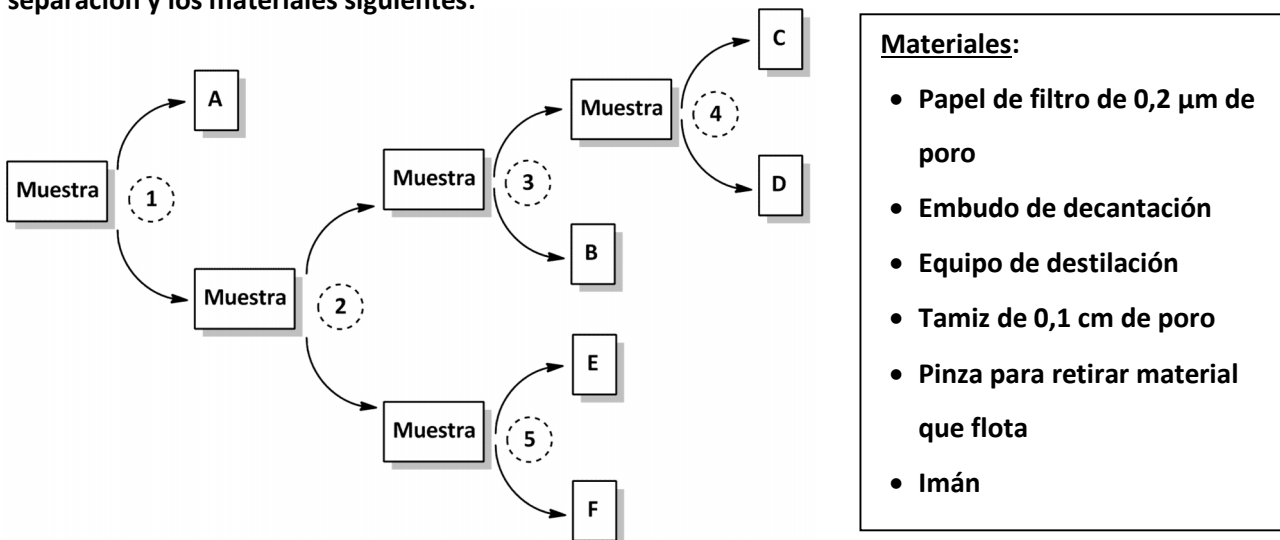
**(20 PUNTOS)**

Como experto en Medio Ambiente eres contratado por una empresa química para evaluar el impacto de la misma en un lago donde se vierten los efluentes de producción. Tomas una muestra del lago y te dispones a realizarle una serie de análisis para determinar su naturaleza y sus parámetros de calidad.

a) Llevas la muestra al laboratorio y observas que, además de agua, posee varios componentes relacionados con el medio del que se extrajo: arena y arcilla del suelo, corteza de los árboles que rodean el lago, partículas de hierro de las tuberías por donde se desechan los efluentes, y etanol, uno de los contaminantes vertidos. Logras recabar los siguientes datos:

Componente	Densidad (g/mL)	Tamaño de grano (cm)	Punto de ebullición (°C)
Arcilla	2,00	menor a 0,002	---
Arena	2,32	0,25	---
Corteza de árbol	0,70	mayor a 2,0	---
Agua	1,00	----	100
Partículas de hierro	7,60	0,30	---
Etanol	0,78	----	78,4

Utilizando esta información procedes a separar cada componente de la muestra. Utilizas el esquema de separación y los materiales siguientes:



Completa los siguientes cuadros, indicando cuáles son los componentes separados y qué método de separación de fases o fraccionamiento se utilizó en cada etapa. **(5 puntos, 0,5 por cada uno)**

	Componente
A	Corteza
B	Arcilla
C	Arena ó Fe
D	Arena ó Fe
E	Agua ó Etanol
F	Agua ó Etanol

	Método de separación o fraccionamiento
1	Flotación
2	Decantación ó Filtración
3	Tamizado
4	Imantación
5	Destilación ó extracción

b) Una parte importante del análisis químico ambiental es la identificación del tipo de vegetación que compone el ecosistema en estudio. Esto puede realizarse de forma aproximada mediante el porcentaje de carbono de la corteza, la cual es diferente para cada tipo de árbol: tropical (42-45 %), subtropical (45-50 %) y boreal (50-61 %). Tomas la corteza que separaste, la secas y pesas 10 g. La quemas completamente, obteniendo sólo tres productos: agua, N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Si obtienes 9,9 L de CO<sub>2</sub> a 1 atm y 273 K, ¿qué porcentaje de carbono posee la corteza? ¿Qué tipo de árboles rodean al lago: tropical, subtropical o boreal? (3 pts)

$$n \text{ CO}_2 = (1)(9.9)/(0.082)(273) = 0.442 \text{ mol} \quad (1 \text{ punto})$$

$$n \text{ CO}_2 = n \text{ carbono} = 0.442 \text{ mol} \rightarrow m \text{ carbono} = (0.442)(12) = 5.31 \text{ g} \quad (1 \text{ punto})$$

$$\% \text{ C} = (5.31) \times 100 / (10) = 53,1 \% \rightarrow \text{Boreal} \quad (1 \text{ punto})$$

% C =

Tipo de árbol =

c) Deseas identificar a la arcilla que separaste de la muestra. En base a criterios físicos y químicos reduces tu lista de posibilidades a Nepouita (Ni<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>) ó Cariopilita (Mn<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>). Tomas 5 g de arcilla seca y la disuelves en ácido fluorhídrico. Agregas un exceso de ion S<sup>2-</sup> para precipitar como sulfuro todo el metal +2 de la arcilla. Si obtienes 3,578 g de sulfuro, ¿cuál es la arcilla? (3 puntos)

$$5 \text{ g Cariopilita (PF} = 369) \rightarrow n = 1.36 \times 10^{-2} \text{ mol} \rightarrow n \text{ Mn} = 4.07 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\rightarrow n \text{ MnS} = 4.07 \times 10^{-2} \text{ mol} \rightarrow m \text{ MnS (PF} = 86.9) = 3.532 \text{ g}$$

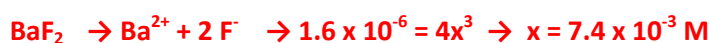
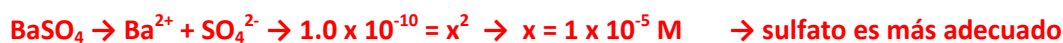
$$5 \text{ g Nepouita (PF} = 380.3) \rightarrow n = 1.31 \times 10^{-2} \text{ mol} \rightarrow n \text{ Ni} = 3.94 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\rightarrow n \text{ NiS} = 3.94 \times 10^{-2} \text{ mol} \rightarrow m \text{ NiS (PF} = 90.7) = 3.578 \text{ g} \rightarrow \text{La arcilla es Nepouita}$$

Tipo de arcilla =

Procedes a analizar el agua del lago que lograste separar de la muestra. Le harás varios análisis para saber si se encuentra dentro del rango apto para consumo humano.

d) Deseas determinar el contenido de Ba en el agua, ya que su concentración no puede ser mayor que 0,7 mg/L. Te has decidido por precipitar todo el bario con un agente precipitante. En el laboratorio sólo hay dos: sulfato y fluoruro. Sabiendo que la K<sub>ps</sub> vale 1,0 x 10<sup>-10</sup> para el sulfato de bario y 1,6 x 10<sup>-6</sup> para el fluoruro de bario, calcula la solubilidad molar de cada sal y elige el agente precipitante más adecuado. (3p)

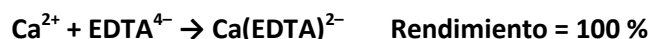


Agente precipitante más adecuado =

e) Un parámetro importante a controlar del agua es su dureza, es decir, el nivel de sales minerales que contiene, principalmente sales de calcio. Existen distintos tipos de agua dura, y se clasifican de acuerdo con su concentración de  $\text{Ca}^{2+}$ , expresada como mg por litro de  $\text{CaCO}_3$ :

Tipo de agua	$[\text{CaCO}_3]$ en mg/L
Agua blanda	menor a 17
Agua levemente dura	17 - 60
Agua moderadamente dura	60 - 120
Agua dura	120 - 180
Agua muy dura	mayor a 180

Para estimar la dureza del agua del lago, haces una toma de 5,00 mL y la haces reaccionar completamente con una solución  $1,0 \times 10^{-3}$  mol/L de EDTA, según la siguiente ecuación:



Si el gasto obtenido es 7,50 mL de EDTA, ¿qué tipo de agua se extrajo del lago?

(3 puntos)

$$n \text{ EDTA} = (7.50 \times 10^{-3})(1.0 \times 10^{-3}) = 7.50 \times 10^{-6} \text{ mol} \rightarrow n \text{ Ca}^{2+} = 7.50 \times 10^{-6} \text{ mol} \quad (1 \text{ punto})$$

$$m \text{ CaCO}_3 = (7.50 \times 10^{-6} \text{ mol})(100) = 7.50 \times 10^{-4} \text{ g} = 0.750 \text{ mg} \quad (1 \text{ punto})$$

$$[\text{Ca}] = (0.750 \text{ mg})/(5 \times 10^{-3} \text{ L}) = 150 \text{ mg/L} \rightarrow \text{agua dura} \quad (1 \text{ punto})$$

Tipo de agua =

f) La titulación anterior se debe realizar a pH = 12, para que no interfiera el ion  $\text{Mg}^{2+}$ . Para esto ajustaste el pH con una solución de NaOH 0,1 mol/L. Si preparaste 250 mL de esta solución, ¿qué volumen de NaOH 34,03 % (d = 1,370 g/mL) debiste tomar?

(3 puntos)

$$n \text{ NaOH} = (0.1)(250 \times 10^{-3}) = 2.50 \times 10^{-2} \text{ mol} \rightarrow m \text{ NaOH} = (2.50 \times 10^{-2} \text{ mol})(40) = 1 \text{ g} \quad (1 \text{ punto})$$

$$m \text{ Sol} = (1)(100)/(34.03) = 2.94 \text{ g} \quad (1 \text{ punto})$$

$$V = (2.94)/(1.370) = 2.15 \text{ mL} \quad (1 \text{ punto})$$

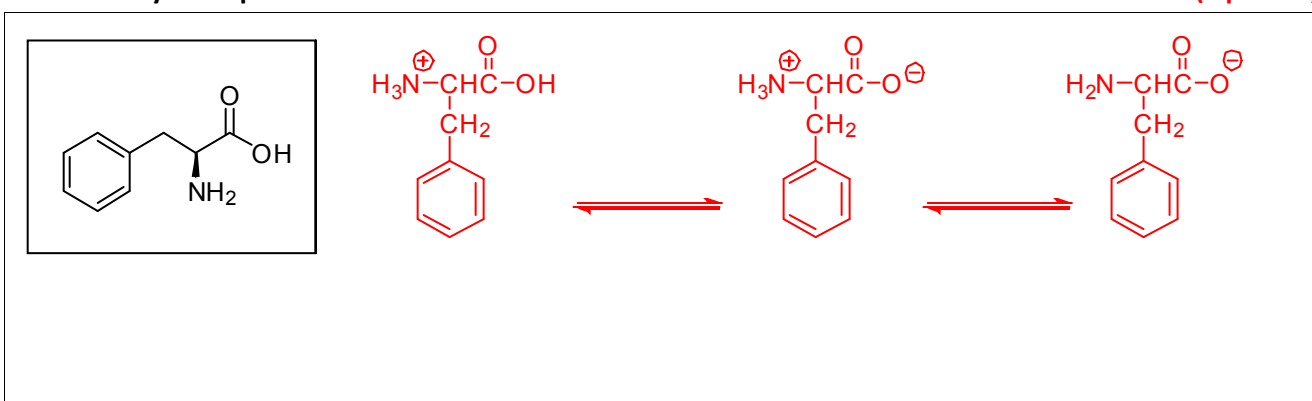
Volumen de toma =

**PROBLEMA 5: BIOQUÍMICA MEDIOAMBIENTAL****(20 PUNTOS)**

Entre los hidrocarburos aromáticos más estudiados en cuanto a su toxicidad, se encuentra el benceno. La exposición de larga duración al benceno se manifiesta en la sangre. El benceno produce efectos nocivos en la médula ósea y puede causar una disminución en el número de hematíes, lo que conduce a padecer anemia. El Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (DHHS) ha determinado que el benceno es un reconocido carcinógeno en seres humanos y otros mamíferos lactantes. La exposición de larga duración a altos niveles de benceno en el aire puede producir leucemia así como cáncer de colon.

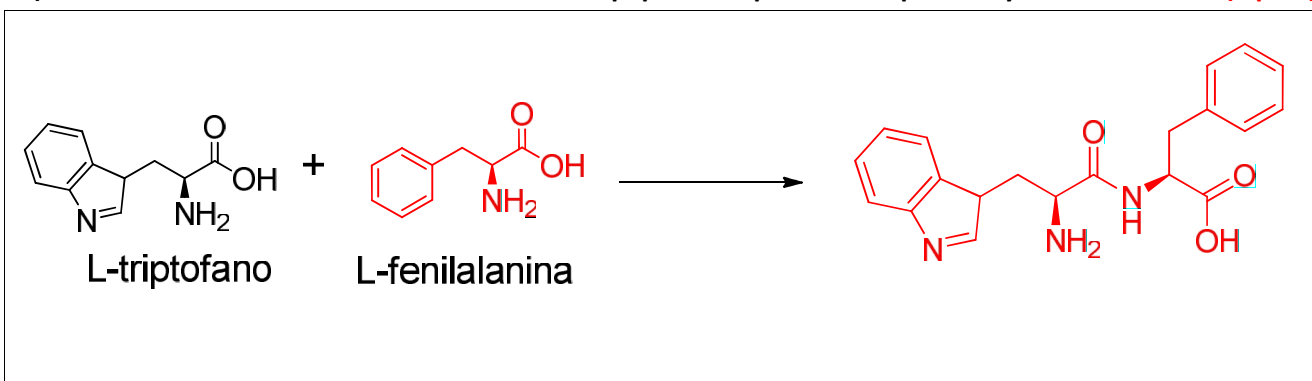
Sin embargo, este anillo forma parte de la estructura de ciertos aminoácidos esenciales. Por ejemplo, el triptófano y la fenilalanina contienen anillos de benceno en sus estructuras.

a) Sabiendo que la estructura de la fenilalanina es la que se muestra en la figura, escribe la forma zwitterion y sus equilibrios ácido-base. **(4 puntos)**



Las proteínas son constituyentes fundamentales de los seres vivos. Imprescindibles para el crecimiento del organismo, realizan una enorme cantidad de funciones diferentes, entre las que destacan: estructural (ej: colágeno), inmunológica (anticuerpos), enzimática, entre otras. Estas están formadas por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Estos enlaces se forman mediante la condensación de dos aminoácidos con la pérdida de una molécula de agua.

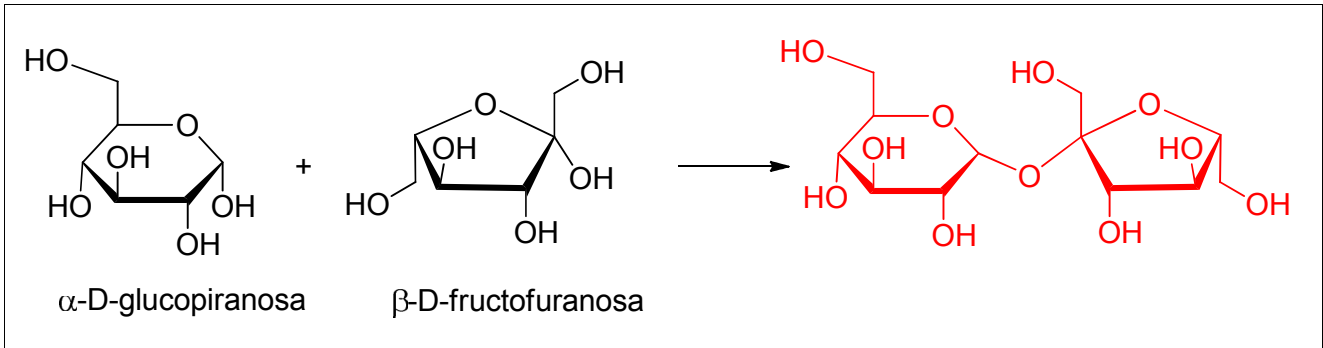
b) Escribe la reacción de formación de un enlace peptídico a partir del triptófano y la fenilalanina. **(4 pts)**



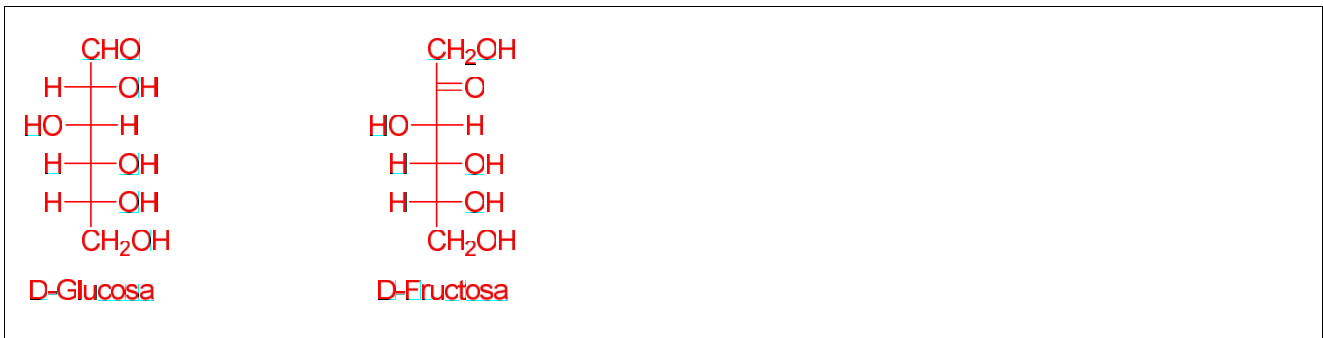
Como alternativa del uso del gasoil y la nafta (provenientes del petróleo, energía no renovable), actualmente se utilizan cada vez más combustibles ecológicos como fuente de energía. Un ejemplo es el bioetanol, también llamado etanol de biomasa, el cual se obtiene por fermentación alcohólica de azúcares de diversas plantas como la caña de azúcar, remolacha o cereales.

Los carbohidratos tienen la fórmula general  $CH_2O$  e incluyen un amplio rango de sustancias dentro de las cuales se encuentra la más simple, la glucosa. Otro ejemplo es la sacarosa, o azúcar común, un disacárido formado por  $\alpha$ -glucopiranososa y  $\beta$ -fructofuranosa. La sacarosa es el edulcorante más utilizado, se encuentra en un 20 % en la caña de azúcar y en un 15 % en la remolacha azucarera.

c) Dibuja la estructura de la sacarosa a partir de sus monómeros indicando el enlace glicosídico. (4 pts)

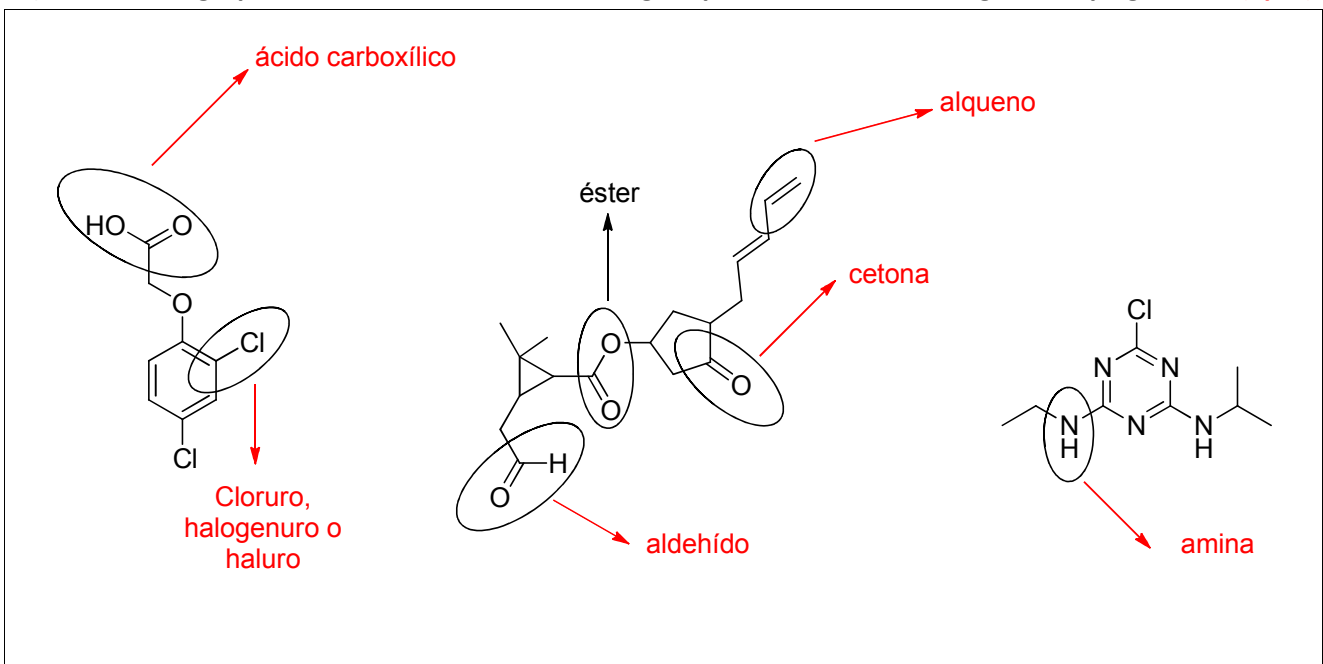


d) Dibuja la estructura abierta de cada uno de los monómeros presentados en la parte c). (2 pts)



Los plaguicidas o pesticidas pueden ser de origen sintético o natural, y están destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas. Entre los plaguicidas más utilizados se encuentran las piretrinas, piretroides, organoclorados, organofosforados y carbamatos.

e) Nombra los grupos funcionales marcados en la figura para cada uno de los siguientes plaguicidas. (6pts)



Constante de los gases ideales:  $R = 0,082 \text{ L atm}/(\text{mol K}) = 8,31 \text{ J}/(\text{mol K}) = 2 \times 10^{-3} \text{ kcal}/(\text{mol K})$

Constante de Planck:  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Velocidad de la luz:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Constante de Avogadro:  $N = 6,023 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$

$1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} = 1 \times 10^{-8} \text{ cm}$

$1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$

$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$

$V_{\text{cubo}} = \text{arista}^3$

1																	18
1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											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 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	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 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	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 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -							

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -