Programa Olimpíada Uruguaya de Química

PRUEBAS NACIONALES TEÓRICAS

2019-2025

Facultad de Química

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXIII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 3

Planilla de corrección

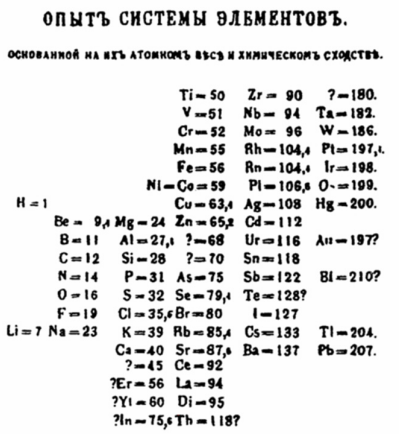
1a	1b	1c	1d	1e	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g
2h	**2i**	**2j**	**2k**	**2l**	**2m**	**3a**	**3b**	**3c**	**4a**	**4b**	**4c**
5a	**5b**	**5c**	**5d**	**5e**	**5f**	**5g**	**5h**	**Total/100**			

2019 AÑO INTERNACIONAL DE LA TABLA PERIÓDICA

Este año se cumple el 150° aniversario del descubrimiento del sistema periódico de los elementos químicos, uno de los logros más significativos de la ciencia. Para concientizar a nivel mundial sobre este hecho y la importancia de la química en el desarrollo de las sociedades, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

PROBLEMA 1 - LA TABLA DE MENDELÉIEV

En 1869, el químico ruso Dmitrii Ivanovich Mendeléiev propuso un arreglo de los 59 elementos conocidos al momento, en función de sus pesos atómicos, dando origen a lo que conocemos como la Tabla Periódica. Dentro de esos 59 elementos, se incluían aquellos que eran conocidos por el hombre desde la antigüedad, aún antes de que se desarrollara el concepto de elemento químico. Este grupo estaba formado por catorce elementos: Cu, Pb, Ag, Au, Fe, C, Sn, S, Hg, Zn, As, Sb, Bi y P.



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.	
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.	
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	O = 199.	
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118		
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?	
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
	F = 19	Cl = 35,6	Br = 80	I = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.	
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.	
		? = 45	Ce = 92			
		?Er = 56	La = 94			
		?Yt = 60	Di = 95			
		?In = 75,6	Th = 118?			

a) Las primeras versiones de la Tabla Periódica tenían en sus columnas a elementos que se preveía que tuvieran similares propiedades químicas. En la siguiente tabla se muestran los catorce elementos mencionados antes, y otros que Mendeléiev ubicó en la misma columna. En base a lo que conocemos en 2019, indica en qué casos fue acertado el lugar en que los ubicó Mendeléiev.

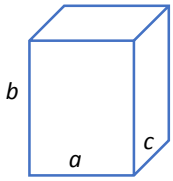
Elemento	En la misma columna según Mendeléiev	Correcto	Incorrecto	Elemento	En la misma columna según Mendeléiev	Correcto	Incorrecto
Cu	Cs			S	Se		
Pb	Sn			Hg	Cd		
Ag	Au			Zn	Sr		
Au	H			As	P		
Fe	Ni			Sb	Bi		
C	Si			Bi	Ta		
Sn	C			P	Nb		

b) Escribe la configuración electrónica de los siguientes átomos y sus iones:

C y C^{3-}	
Cu y Cu^{2+}	
As y As^{5+}	

Tal vez el mayor logro de Mendeléiev fue dejar huecos en su tabla para elementos que aún no se conocían, o sea, pudo prever la existencia de nuevos elementos en la tabla. A uno de ellos lo llamó eka-aluminio prediciendo que se trataba de un elemento que debía ir debajo del aluminio. Según Mendeléiev, este nuevo elemento debía tener un peso atómico de aproximadamente 70 y una densidad cercana a 6 g/cm^3. En 1875 Lecoq de Boisbaudran identificó la presencia de galio en muestras del mineral esfalerita y confirmó experimentalmente todo lo predicho por Mendeléiev. En los experimentos iniciales Lecoq de Boisbaudran logró aislar 0,65 g de galio de 430 kg de esfalerita proveniente de los pirineos.

El galio elemental es un metal que cristaliza en una estructura llamada ortorrómbica, que se muestra en la figura. En ella los lados se encuentran formando ángulos rectos y son diferentes entre sí ($a \neq b \neq c$). La celda unidad contiene 8 átomos de galio.



c) Calcula la densidad del galio, en g/cm^3, sabiendo que a = 4,52 Å, b = 7,66 Å y c = 4,53 Å.

La tabla muestra algunas propiedades del galio metálico:

Punto de fusión / °C	29,76
Punto de ebullición / °C	2204
Entalpía de fusión a 298 K / kJ/mol	5,59
Entalpía de vaporización a 298 K / kJ/mol	270,3
Primera energía de ionización a 298 K / kJ/mol	578,85
Segunda energía de ionización a 298 K / kJ/mol	1979,33
Tercera energía de ionización a 298 K / kJ/mol	2963,09

d) Una muestra del metal Ga se encuentra a 50 °C y una presión de 1 atm. ¿Cuál es su estado de agregación?

❑ Sólido ❑ Líquido ❑ Gas

e) Calcula la variación de entalpía molar de la reacción Ga(s) $\rightarrow$ Ga^{3+}(g) a 298 K:

PROBLEMA 2 - EL GRUPO 15

El grupo 15 de la Tabla Periódica que conocemos actualmente está conformado por N, P, As, Sb y Bi. Estos cinco elementos integraban el grupo V de la tabla original de Mendeléiev.

a) Indica si las siguientes afirmaciones son falsas (F) o verdaderas (V).

	F o V
El Bi es el elemento con mayor carácter metálico del grupo	
En estado elemental, todos ellos forman moléculas diatómicas	
La primera energía de ionización del P es mayor que la del Sb	
En N es más electronegativo que el As	
El Bi^{3+} tiene un radio mayor que el As^{5+}	

Los elementos de este grupo presentan una gran versatilidad química, es decir, forman compuestos con propiedades muy diferentes. Esta característica los diferencia de otros grupos de la Tabla Periódica, como los alcalinos, los alcalino-térreos o los halógenos.

b) Dibuja la estructura de Lewis e indica la geometría molecular de PH_3 y N_2O. Calcula la carga formal de cada átomo. Considera que el átomo central es el elemento del grupo 15.

c) Dibuja la estructura de Lewis del óxido N_2O_3, sabiendo que existe una unión N-N. Calcula la carga formal de cada átomo, e indica si esta será una molécula plana o no.

parte b) parte c)

PH_3	**N_2O**	**N_2O_3**
geometría:_____	**geometría:_____**	**molécula plana: ❑ sí ❑ no**

A medida que se baja en el grupo 15 de la Tabla Periódica, existe una paulatina estabilización del estado de oxidación +3. El bismuto existe casi exclusivamente como Bi(III). Uno de sus haluros, el BiI_3 muestra diversas aplicaciones al estado sólido debido a sus propiedades semiconductoras. Es muy poco soluble en agua, con un valor de K_{ps} de $7{,}71 \times 10^{-19}$ a 25°C.

d) Escribe la reacción química cuya constante corresponde a K_{ps} y determina la solubilidad de BiI_3 en g/100 mL de agua. Puedes considerar que la densidad de la solución saturada de BiI_3 es 1 g/mL.

El arsénico (As) es uno de los elementos conocidos por el hombre desde la antigüedad y que estuvo incorporado en la primera Tabla Periódica. La primera síntesis a gran escala de este elemento fue reportada en 1649 por Johann Schroder. Partía del mineral arsenolita (As_2O_3) y lo reducía con carbón a alta temperatura siguiendo la reacción:

$$2As_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4As(s) + 3CO_2(g)$$

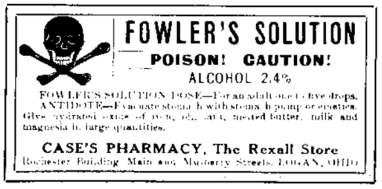
e) Indica si las siguientes afirmaciones referidas a dicha reacción son falsas (F) o verdaderas (V)

	F o V
El carbón es el agente reductor	
La reacción provoca una disminución de la entropía del sistema	
Si la reacción se realiza en un recipiente cerrado, la presión total del sistema no cambia	
Partiendo 10 g de $As_2O_3(s)$ se puede obtener por lo menos 10 g de As(s)	

f) La reacción requiere siempre de un exceso de C de por lo menos un 400 %. Si se quiere obtener 37 g de As(s), calcula la masa de arsenolita y la masa mínima de carbón necesaria (en gramos).

g) La reacción que produjo los 37 g de As, se realizó en un recipiente cerrado de 90 L de capacidad al que previamente se le hizo vacío. Determina la composición de la mezcla final, expresada en masa de cada uno de los cuatro componentes. Puedes suponer que la reacción de interés es la única que ocurre en el recipiente.

h) La toxicidad de los compuestos de arsénico es bien conocida, sin embargo, algunos han sido utilizados como fármacos. Un ejemplo es el llamado *tónico de Fowler* usado en el siglo XIX. Consistía en una solución etanólica 2,4 % de meta-arsenito de potasio ($KAsO_2$). Se preparaba a partir de la arsenolita, que se hacía reaccionar con carbonato de potasio. Escribe la reacción balanceada para la obtención de meta-arsenito de potasio.



i) Indica con una X cuál de las afirmaciones referidas a la obtención del *tónico de Fowler* es correcta.

Es una reacción de complejación	
Es una reacción de precipitación	
Es una reacción ácido-base (neutralización)	
Es una rección redox	
Es una reacción de disociación	

j) Al disolver meta-arsenito de potasio en agua, éste se protona formando el ácido meta-arsenioso ($HAsO_2$). El $HAsO_2$ es un ácido débil con una constante de disociación ácida de $5{,}5 \times 10^{-10}$. Escribe la reacción de disociación para el ácido meta-arsenioso y calcula el pH de una solución de $HAsO_2$ 0,1 mol/L.

k) Otros compuestos de arsénico fueron utilizados como colorantes, antes de que se conociera su toxicidad. Uno de ellos es el llamado *verde de Scheele*. Este contiene, además de arsénico, tres elementos: hidrógeno, oxígeno y Z, que tendrás que identificar. Su fórmula es $ZHAsO_3$ y la composición porcentual es 33,9% de Z, 40,0 % de As, 25,6% de O y 0,5% de H. Determina el peso atómico de Z e identifica de qué elemento de trata.

El nitrógeno es capaz de formar diversos óxidos. Algunos de los más conocidos son el óxido nitroso (N_2O) o gas hilarante, que tiene efectos anestésicos, el dióxido de mononitrógeno (NO_2) y el tetraóxido de dinitrógeno (N_2O_4) que se forma por dimerización del anterior que son potentes agentes oxidantes y se utilizan como carburentes en mezclas combustibles para cohetes y el óxido nítrico (NO) conocido por su papel contaminante de la atmósfera, identificado como uno de los gases de efecto invernadero.

El NO_2 se puede obtener por reacción de cobre metálico con ácido nítrico concentrado siguiendo la siguiente reacción:

$$Cu(s) + 4\ HNO_3(ac) \rightarrow 2\ NO_2(g) + Cu(NO_3)_2(ac) + 2\ H_2O(l)$$

Si la obtención se realiza en un recipiente cerrado se establece simultáneamente el siguiente equilibrio en fase gaseosa, correspondiente a la dimerización del $NO_2(g)$:

$$2\ NO_2(g,\ marrón) \rightleftharpoons N_2O_4\ (g,\ incoloro)$$

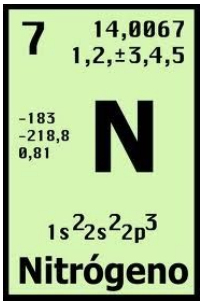
Datos a 298 K	$\Delta H°_f$ / kJ/mol	$S°$ /J/mol-K
NO_2 (g)	33,18	240,06
N_2O_4 (g)	9,16	304,29

l) Calcula $\Delta H°$, $\Delta S°$ y $\Delta G°$ de la reacción de dimerización a 298 K.

m) La constante de equilibrio K_p tiene un valor de 6,80 para el sistema en estudio. Determina en qué sentido avanzará la reacción y cuál será la presión parcial de cada componente una vez alcanzado el equilibrio si en un recipiente rígido y cerrado de 1 L se mezcla 0,5 mol de NO_2 con 3 mol de N_2O_4.

El equilibrio avanzará en sentido: ❑ **directo** ❑ **inverso**

PROBLEMA 3: EL NITRÓGENO EN LA QUIMICA ORGÁNICA

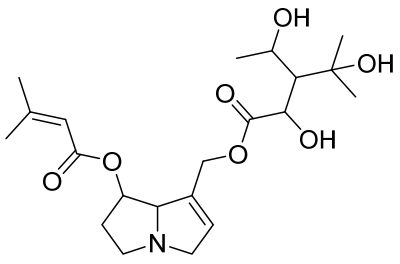


El nitrógeno es el elemento de número atómico 7 y fue descubierto y aislado por Daniel Rutheford en 1772. El nitrógeno en su forma de gas (N_2) constituye un 78 % de la atmósfera de nuestro planeta. Es uno de los elementos que aparece más frecuentemente en la química orgánica, siendo fundamental en los organismos vivos. En el cuerpo humano, el N es el cuarto elemento más abundante, luego de O, C y H, donde principalmente se encuentra en aminoácidos (bloques de construcción de las proteínas) y en los ácidos nucleicos (bloques de construcción del ADN y ARN).

Otros compuestos nitrogenados naturales ampliamente extendidos son los alcaloides. Los mismos pueden provenir de diversos tipos de organismos y en muchos casos poseen actividades biológicas muy interesantes.

a) Esta es la estructura de un alcaloide natural, la echihumilina. Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

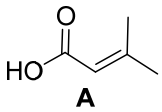
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Amina
g- Amida



Echihumilina

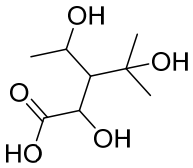
b) La echihumilina puede hidrolizarse obteniendo tres compuestos **A**, **B** y **C**.

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto **A**.



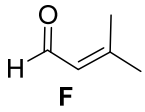
A

ii. Indica dos isómeros de posición del compuesto **B**.



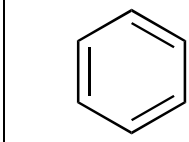
B

iii. El compuesto **A** es reducido para producir el aldehído **F. Representa las diferentes estructuras resonantes de F** e indica cuál de ellas es la que contribuye más al híbrido de resonancia (estructura más estable). Justifica.



F

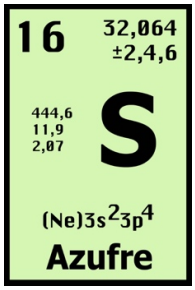
c) Muchas veces los alcaloides pueden presentar en su estructura anillos aromáticos, los cuales pueden ser muy importantes para su actividad biológica. Indica si las siguientes moléculas son aromáticas o no aromáticas. Justifique en todos los casos.





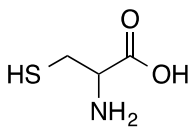


PROBLEMA 4: EL AZUFRE EN LA QUIMICA ORGÁNICA

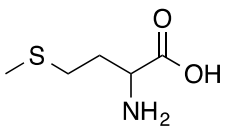


El azufre (cuyo símbolo es S) es el décimo elemento más abundante en la Tierra. Debido a esto es un elemento conocido desde la antigüedad, y por ejemplo, los egipcios lo utilizaban para purificar los templos.

Este es un elemento químico esencial en los organismos vivos, necesario para la síntesis de proteínas. Los dos aminoácidos que contienen azufre son la cisteína y la metionina.



Cisteína



Metionina

a) Indica la forma zwitteriónica de ambos aminoácidos.

b) Formula los dos dipéptidos posibles que se pueden obtener usando ambos aminoácidos, indicando cual es el enlace peptídico en ambos casos.

c) La cisteína puede ser obtenida a partir de otro aminoácido denominado serina, cuyo nombre IUPAC es Ácido 2-amino-3-hidroxipropanoico. Formula la estructura de la serina

PROBLEMA 5 - LOS ELEMENTOS DE TRANSICIÓN

Los elementos de transición presentan un comportamiento químico que es casi exclusivo de este conjunto y que los distingue de los elementos representativos (bloques s y p). Como definición general se considera que los elementos de transición son aquellos que tienen las subcapas d o f parcialmente llenas ya sea en su estado elemental como en los estados de oxidación más comunes.

a) Indica cuál de las siguientes afirmaciones describe, de forma general, las características de los elementos de transición (marca con una X):

son duros y quebradizos	
al estado sólido presentan estructuras moleculares	
son aislantes térmicos y eléctricos	
se pueden fabricar alambres y láminas a partir de ellos	

Una característica de los elementos de transición es la variabilidad en sus estados de oxidación. Esto se debe a que pueden oxidarse perdiendo los electrones (n–1)*d* o los electrones de la capa llena ns^2. Por ejemplo, el manganeso puede encontrarse en el estado de oxidación +VII en el anión permanganato y reducirse a los estados +IV o +II según el pH del medio.

b) Escribe las semirreacciones balanceadas correspondientes a la reducción del anión permanganato en solución acuosa en medio ácido (el producto es Mn2+) y en medio básico (el producto es el óxido de manganeso(IV)).

medio ácido:

medio básico:

c) El óxido de manganeso(IV) es un sólido marrón que puede disolverse por reacción con ácido clorhídrico concentrado, dando como productos cloruro de manganeso(II) y cloro gaseoso. Escribe las semirreacciones que describen el proceso y la ecuación global.

d) En un experimento se combina permanganato de potasio y ácido clorhídrico, dando lugar a la formación de cloro gaseoso. A partir de los potenciales estándar de las semirreacciones, determina el $\Delta G°$ por mol de permanganato que reacciona. $E°$ (MnO_4^-/Mn^{2+}) = 1,51 V y $E°$ (Cl_2/Cl^-) = 1,36 V

e) ¿La reacción de la parte *c*, es espontánea? ❑ sí ❑ no

f) ¿Cómo esperas que cambie la entropía del sistema?

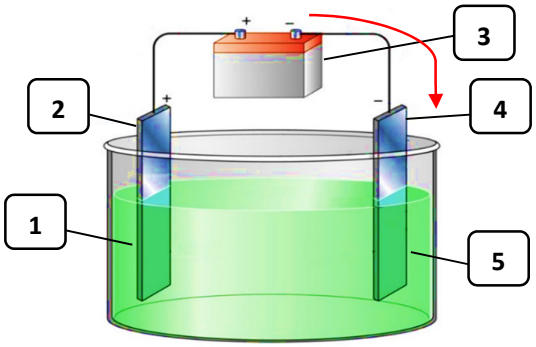
❑ disminuye ❑ no cambia ❑ aumenta

Algunos metales de transición son empleados desde hace siglos para la fabricación de monedas. Éstos son los conocidos como metales de acuñado: cobre, plata y oro. Esto se debe a su gran estabilidad frente a la oxidación. En la actualidad el uso más importante de estos metales es la fabricación de piezas conductoras en maquinaria, circuitos, etc. Para ello, la pureza del metal debe ser elevada.

El cobre de alta pureza se obtiene por un proceso electrolítico. Para ello se conecta una barra de cobre de baja pureza que funciona como ánodo a una celda electrolítica que contiene una solución de sulfato de cobre(II) y ácido sulfúrico y una barra de acero inoxidable que sirve de cátodo.

g) Completa la siguiente tabla, indicando el número que le corresponde en el diagrama a cada componente o proceso nombrado. También dibuja una flecha que muestre en qué sentido circulan los electrones.

Fuente de corriente	
Ánodo	
Cátodo	
Reacción de oxidación	
Reacción de reducción	



h) Se desea obtener la mayor cantidad posible de cobre de alta pureza sobre el cátodo de acero inoxidable. Para ello se hace circular una corriente de 1 A durante 120 minutos. ¿Qué masa de cobre sólido se obtiene?

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c, V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1												13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2																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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXIII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 2

Planilla de corrección

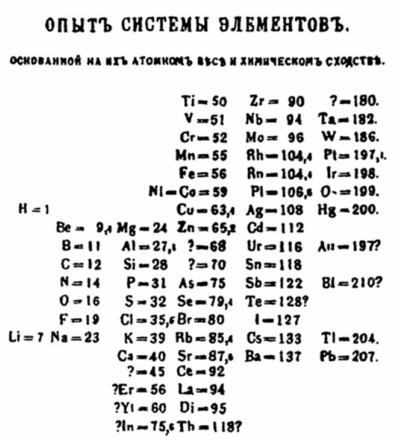
1a	1b	1c	1d	1e	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g
2h	2i	2j	2k	2l	2m	2n	2o	2p	3a	3b	3c
4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g		**Total/100**			

2019 AÑO INTERNACIONAL DE LA TABLA PERIÓDICA

Este año se cumple el 150° aniversario del descubrimiento del sistema periódico de los elementos químicos, uno de los logros más significativos de la ciencia. Para concientizar a nivel mundial sobre este hecho y la importancia de la química en el desarrollo de las sociedades, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

PROBLEMA 1 - LA TABLA DE MENDELÉIEV

En 1869, el químico ruso Dmitrii Ivanovich Mendeléiev propuso un arreglo de los 59 elementos conocidos al momento, en función de sus pesos atómicos, dando origen a lo que conocemos como la Tabla Periódica. Dentro de esos 59 elementos, se incluían aquellos que eran conocidos por el hombre desde la antigüedad, aún antes de que se desarrollara el concepto de elemento químico. Este grupo estaba formado por catorce elementos: Cu, Pb, Ag, Au, Fe, C, Sn, S, Hg, Zn, As, Sb, Bi y P.



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.	
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.	
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	O = 199.	
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118		
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?	
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.	
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.	
		? = 45	Ce = 92			
		?Er = 56	La = 94			
		?Yt = 60	Di = 95			
		?In = 75,6	Th = 118?			

a) Las primeras versiones de la Tabla Periódica tenían en sus columnas a elementos que se preveía que tuvieran similares propiedades químicas. En la siguiente tabla se muestran los catorce elementos mencionados antes, y otros que Mendeléiev ubicó en la misma columna. En base a lo que conocemos en 2019, indica en qué casos fue acertado el lugar en que los ubicó Mendeléiev.

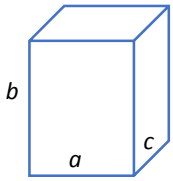
Elemento	En la misma columna según Mendeléiev	Correcto	Incorrecto	Elemento	En la misma columna según Mendeléiev	Correcto	Incorrecto
Cu	Cs			S	Se		
Pb	Sn			Hg	Cd		
Ag	Au			Zn	Sr		
Au	H			As	P		
Fe	Ni			Sb	Bi		
C	Si			Bi	Ta		
Sn	C			P	Nb		

b) Escribe la configuración electrónica de los siguientes átomos y sus iones:

C y C^{3-}	
Cu y Cu^{2+}	
As y As^{5+}	

Tal vez el mayor logro de Mendeléiev fue dejar huecos en su tabla para elementos que aún no se conocían, o sea, pudo prever la existencia de nuevos elementos en la tabla. A uno de ellos lo llamó eka-aluminio prediciendo que se trataba de un elemento que debía ir debajo del aluminio. Según Mendeléiev, este nuevo elemento debía tener un peso atómico de aproximadamente 70 y una densidad cercana a 6 g/cm^3. En 1875 Lecoq de Boisbaudran identificó la presencia del elemento galio en muestras del mineral esfalerita y confirmó experimentalmente todo lo predicho por Mendeléiev. En los experimentos iniciales Lecoq de Boisbaudran logró aislar 0,65 g de galio de 430 kg de esfalerita proveniente de los Pirineos.

El galio elemental es un metal que cristaliza en una estructura llamada ortorrómbica, que se muestra en la figura. En ella los lados se encuentran formando ángulos rectos y son diferentes entre sí ($a \neq b \neq c$). La celda unidad contiene 8 átomos de galio.



c) Calcula la densidad del galio, en g/cm^3, sabiendo que a = 4,52 Å, b = 7,66 Å y c = 4,53 Å.

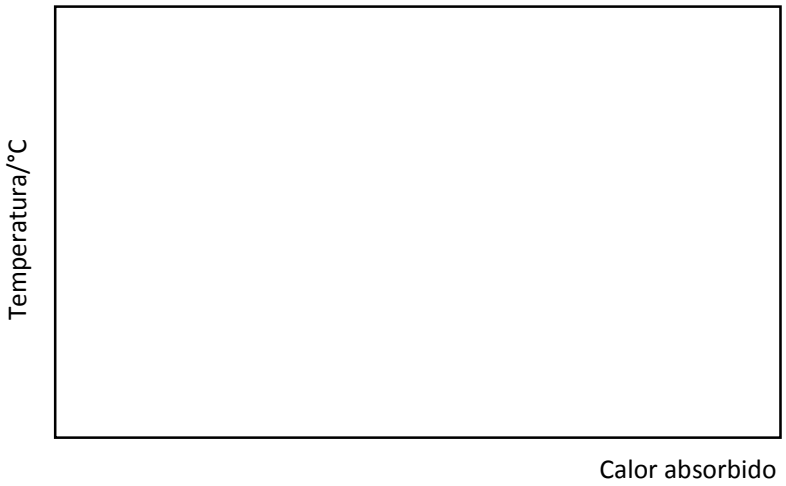
La tabla muestra algunas propiedades del galio metálico:

Punto de fusión / °C	29,76
Punto de ebullición / °C	2204
Entalpía de fusión / kJ/mol	5,59
Entalpía de vaporización / kJ/mol	270,3

d) Una muestra del metal Ga se encuentra a 50 °C y una presión de 1 atm. ¿Cuál es su estado de agregación?

❑ Sólido ❑ Líquido ❑ Gas

e) Teniendo en cuenta los datos anteriores realiza un diagrama temperatura en función de calor absorbido para el Ga desde 0 a 3000 °C. Indica las zonas donde ocurre el cambio de estado con una flecha.



PROBLEMA 2 - EL GRUPO 15

El grupo 15 de la Tabla Periódica que conocemos actualmente está conformado por N, P, As, Sb y Bi. Estos cinco elementos integraban el grupo V de la tabla original de Mendeléiev.

a) Indica si las siguientes afirmaciones son falsas (F) o verdaderas (V).

	F o V
El Bi es el elemento con mayor carácter metálico del grupo	
En estado elemental, todos ellos forman moléculas diatómicas	
La primera energía de ionización del P es mayor que la del Sb	
En N es más electronegativo que el As	
El Bi^{3+} tiene un radio mayor que el As^{5+}	

Los elementos de este grupo presentan una gran versatilidad química, es decir, forman compuestos con propiedades muy diferentes. Esta característica los diferencia de otros grupos de la Tabla Periódica, como los alcalinos, los alcalino-térreos o los halógenos.

b) Dibuja la estructura de Lewis e indica la geometría molecular de PH_3 y N_2O. Calcula la carga formal de cada átomo. Considera que el átomo central es el elemento del grupo 15.

PH_3	**N_2O**
geometría:_____	**geometría:_____**

c) Dibuja la estructura de Lewis del óxido N_2O_3, sabiendo que existe una unión N-N. Calcula la carga formal de cada átomo, e indica si esta será una molécula plana o no.

N_2O_3

molécula plana: ❑ sí ❑ no

A medida que se baja en el grupo 15 de la Tabla Periódica, existe una paulatina estabilización del estado de oxidación +3. El bismuto existe casi exclusivamente como Bi(III). Uno de sus haluros, el BiI_3 muestra diversas aplicaciones al estado sólido debido a sus propiedades semiconductoras. Es muy poco soluble en agua, con una solubilidad molar de $1{,}30 \times 10^{-5}$ mol/L a 25 °C.

d) Escribe la reacción química igualada para la reacción de disolución de BiI_3 en agua. Indica el volumen de agua necesario a 25 °C para disolver 1 mg de este compuesto. Puedes considerar que la densidad de la solución saturada de BiI_3 es 1 g/mL.

El arsénico (As) es uno de los elementos conocidos por el hombre desde la antigüedad y que estuvo incorporado en la primera Tabla Periódica. La primera síntesis a gran escala de este elemento fue reportada en 1649 por Johann Schroder. Partía del mineral arsenolita (As_2O_3) y lo reducía con carbón a alta temperatura.

e) Iguala la reacción de obtención de arsénico:

$$___\ As_2O_3(s) + ___\ C(s) \rightarrow ___\ As(s) + ___\ CO_2(g)$$

f) Indica el estado de oxidación del arsénico en la arsenolita y el nombre sistemático de dicho mineral.

g) Indica si las siguientes afirmaciones referidas a dicha reacción son falsas (F) o verdaderas (V)

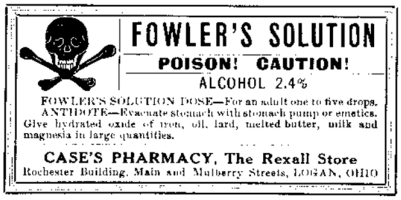
	F o V
El carbón es el agente reductor	
La reacción provoca una disminución de la entropía del sistema	
Si la reacción se realiza en un recipiente cerrado, la presión total del sistema no cambia	
Partiendo 10 g de $As_2O_3(s)$ se puede obtener por lo menos 10 g de As(s)	

h) La reacción requiere siempre de un exceso de C de por lo menos un 400 %. Si se quiere obtener 37 g de As(s), calcula la masa de arsenolita y la masa mínima de carbón necesaria (en gramos).

i) La reacción que produjo los 37 g de As, se realizó en un recipiente cerrado de 90 L de capacidad al que previamente se le hizo vacío. Determina la composición de la mezcla final, expresada en masa de cada uno de los cuatro componentes. Puedes suponer que la reacción de interés es la única que ocurre en el recipiente.

j) La temperatura máxima que se alcanza es de 450 °C. Suponiendo despreciable el volumen de los sólidos y un comportamiento ideal para los gases, calcula la máxima presión interna alcanzada en el recipiente (en atm).

k) La toxicidad de los compuestos de arsénico es bien conocida, sin embargo, algunos han sido utilizados como fármacos. Un ejemplo es el llamado *tónico de Fowler* usado en el siglo XIX. Consistía en una solución etanólica 2,4 % de meta-arsenito de potasio ($KAsO_2$). Se preparaba a partir de la arsenolita, que se hacía reaccionar con carbonato de potasio. Escribe la reacción balanceada para la obtención de meta-arsenito de potasio.


FOWLER'S SOLUTION
POISON! CAUTION!
ALCOHOL 2.4%
FOWLER'S SOLUTION DOSE—For an adult one to five drops.
ANTIDOTE—Evacuate stomach with stomach pump or emetics. Give hydrated oxide of iron, oil, lard, melted butter, milk and magnesia in large quantities.
CASE'S PHARMACY, The Rexall Store
Rochester Building, Main and Mulberry Streets, LOGAN, OHIO

l) Indica con una X cuál de las afirmaciones referidas al tónico de Fowler es correcta. Sólo una opción es correcta.

Es una reacción de complejación	
Es una reacción de precipitación	
Es una reacción ácido-base (neutralización)	
Es una rección redox	
Es una reacción de disociación	

m) Al disolver meta-arsenito de potasio en agua, éste se protona formando el ácido meta-arsenioso ($HAsO_2$). El $HAsO_2$ es un ácido débil con una constante de disociación ácida de $5{,}5 \times 10^{-10}$. Escribe la reacción de disociación para el ácido meta-arsenioso. Plantea la expresión de la constante de disociación ácida para el $HAsO_2$. Calcula la concentración hidrogeniónica sabiendo que el pH de la solución vale 5.13.

n) Otros compuestos de arsénico fueron utilizados como colorantes, antes de que se conociera su toxicidad. Uno de ellos es el llamado *verde de Scheele*. Este contiene, además de arsénico, tres elementos: hidrógeno, oxígeno y Z, que tendrás que identificar. Su fórmula es $ZHAsO_3$ y la composición porcentual es 33,9% de Z, 40,0 % de As, 25,6% de O y 0,5% de H. Determina el peso atómico de Z e identifica de qué elemento de trata.

El nitrógeno es capaz de formar diversos óxidos. Algunos de los más conocidos son el óxido nitroso (N_2O) o gas hilarante, que tiene efectos anestésicos, el dióxido de mononitrógeno (NO_2) y el tetraóxido de dinitrógeno (N_2O_4) que se forma por dimerización del anterior que son potentes agentes oxidantes y se utilizan como carburentes en mezclas combustibles para cohetes y el óxido nítrico (NO) conocido por su papel contaminante de la atmósfera, identificado como uno de los gases de efecto invernadero.

El NO_2 se puede obtener por reacción de cobre metálico con ácido nítrico concentrado siguiendo la siguiente reacción:

$$Cu(s) + 4\ HNO_3(ac) \rightarrow 2\ NO_2(g) + Cu(NO_3)_2(ac) + 2\ H_2O(l)$$

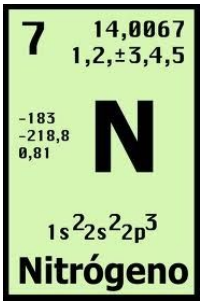
o) El NO_2 obtenido por la reacción de cobre con ácido nítrico a 298 K se recoge sobre agua. La presión de vapor de agua a 298 K vale 23,78 mmHg. Calcula la cantidad de gas en mol si el volumen recogido fue 250 mL.

Si la obtención se realiza en un recipiente cerrado se establece simultáneamente el siguiente equilibrio en fase gaseosa, correspondiente a la dimerización del NO_2(g):

$$2\ NO_2(g, \text{marrón}) \rightleftharpoons N_2O_4\ (g, \text{incoloro})$$

p) Se conoce que al mezclar 3,38 atm de NO_2 con 77,72 atm de N_2O_4 a 298 K en un recipiente rígido y cerrado de 1 L el sistema se encuentra en equilibrio. Calcula a partir de estos datos K_p y K_c.

PROBLEMA 3: EL NITRÓGENO EN LA QUIMICA ORGÁNICA

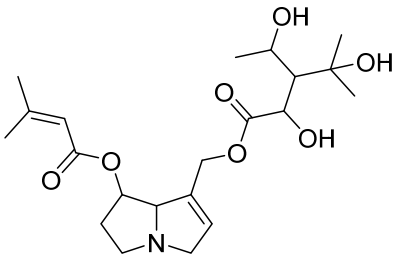


El nitrógeno es el elemento de número atómico 7 y fue descubierto y aislado por Daniel Rutheford en 1772. El nitrógeno en su forma de gas (N_2) constituye un 78 % de la atmósfera de nuestro planeta. Es uno de los elementos que aparece más frecuentemente en la química orgánica, siendo fundamental en los organismos vivos. En el cuerpo humano, el N es el cuarto elemento más abundante, luego de O, C y H, donde principalmente se encuentra en aminoácidos (bloques de construcción de las proteínas) y en los ácidos nucleicos (bloques de construcción del ADN y ARN).

Otros compuestos nitrogenados naturales ampliamente extendidos son los alcaloides. Los mismos pueden provenir de diversos tipos de organismos y en muchos casos poseen actividades biológicas muy interesantes.

a) Esta es la estructura de un alcaloide natural, la echihumilina. Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

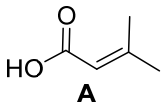
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Amina
g- Amida



Echihumilina

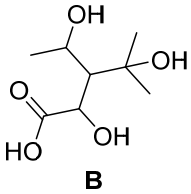
b) La echihumilina puede hidrolizarse obteniendo tres compuestos **A**, **B** y **C**.

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto **A**.



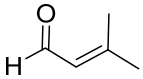
A

ii. Indica dos isómeros de posición del compuesto **B**.



B

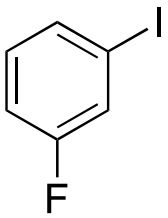
iii. El compuesto **A** es reducido para producir el aldehído **F. Representa las diferentes estructuras resonantes de F** e indica cuál de ellas es la que contribuye más al híbrido de resonancia (estructura más estable). Justifica.

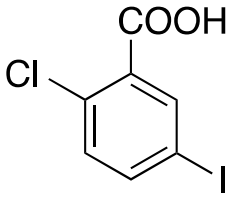


F

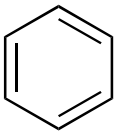
c) Muchas veces los alcaloides pueden presentar en su estructura anillos aromáticos, los cuales pueden ser muy importantes para su actividad biológica.

i. Indica el nombre IUPAC de los siguientes compuestos.





ii. Indica si las siguientes moléculas son aromáticas o no aromáticas. Justifica en todos los casos.







PROBLEMA 4 - LOS ELEMENTOS DE TRANSICIÓN

Los elementos de transición presentan un comportamiento químico que es casi exclusivo de este conjunto y que los distingue de los elementos representativos (bloques s y p). Como definición general se considera que los elementos de transición son aquellos que tienen las subcapas d o f parcialmente llenas ya sea en su estado elemental como en los estados de oxidación más comunes.

a) Indica cuál de las siguientes afirmaciones describe, de forma general, las características de los elementos de transición (marca con una X):

son duros y quebradizos	
al estado sólido presentan estructuras moleculares	
son aislantes térmicos y eléctricos	
se pueden fabricar alambres y láminas a partir de ellos	

Una característica de los elementos de transición es la variabilidad en sus estados de oxidación. Esto se debe a que pueden oxidarse perdiendo los electrones (n–1)*d* o los electrones de la capa llena ns^2. Por ejemplo, el manganeso puede encontrarse en el estado de oxidación +VII en el anión permanganato y reducirse a los estados +IV o +II según el pH del medio.

b) Escribe las semirreacciones balanceadas correspondientes a la reducción del anión permanganato en solución acuosa en medio ácido (el producto es Mn^{2+}) y en medio básico (el producto es el óxido de manganeso(IV)).

medio ácido:

medio básico:

El óxido de manganeso(IV) es un sólido marrón que puede disolverse por reacción con ácido clorhídrico concentrado, dando como productos cloruro de manganeso(II) y cloro gaseoso.

c) ¿Cuál es el cambio en el número de oxidación del cloro durante la reacción?

d) Escribe las semirreacciones que describen el proceso anterior y la ecuación global.

e) Se conecta un electrodo de permanganato de potasio/Mn(II) con uno de Cl_2/Cl^-, ambos en condiciones estándar. ¿Podrá funcionar como una pila galvánica? Justifica tu respuesta.

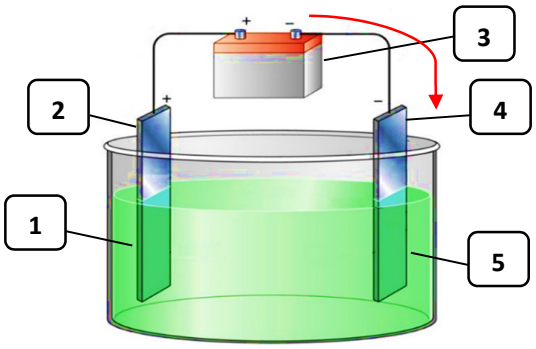
$E°$ (MnO_4^-/Mn^{2+}) = 1,51 V y $E°$ (Cl_2/Cl^-) = 1,36 V

Algunos metales de transición son empleados desde hace siglos para la fabricación de monedas. Éstos son los conocidos como metales de acuñado: cobre, plata y oro. Esto se debe a su gran estabilidad frente a la oxidación. En la actualidad el uso más importante de estos metales es la fabricación de piezas conductoras en maquinaria, circuitos, etc. Para ello, la pureza del metal debe ser elevada.

El cobre de alta pureza se obtiene por un proceso electrolítico. Para ello se conecta una barra de cobre de baja pureza que funciona como ánodo, a una celda electrolítica que contiene una solución de sulfato de cobre(II) y ácido sulfúrico y una barra de acero inoxidable que sirve de cátodo.

f) Completa la siguiente tabla, indicando el número que le corresponde en el diagrama a cada componente o proceso nombrado. También dibuja una flecha que muestre en qué sentido circulan los electrones.

Fuente de corriente	
Ánodo	
Cátodo	
Reacción de oxidación	
Reacción de reducción	



g) Se desea obtener la mayor cantidad posible de cobre de alta pureza sobre el cátodo de acero inoxidable. Para ello se hace circular una corriente de 1 A durante 120 minutos. ¿Qué masa de cobre sólido se obtiene?

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1												13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2																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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXIII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 1

Planilla de corrección

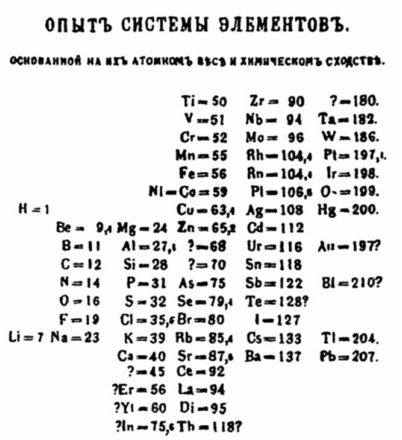
1a	1b	1c	1d	1e	2a	2b	2c	2d	2e
2f	2g	2h	2i	2j	2k	2l	2m	2n	3a
3b	4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g	Total/ 100	

2019 AÑO INTERNACIONAL DE LA TABLA PERIÓDICA

Este año se cumple el 150° aniversario del descubrimiento del sistema periódico de los elementos químicos, uno de los logros más significativos de la ciencia. Para concientizar a nivel mundial sobre este hecho y la importancia de la química en el desarrollo de las sociedades, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

PROBLEMA 1 - LA TABLA DE MENDELÉIEV

En 1869, el químico ruso Dmitrii Ivanovich Mendeléiev propuso un arreglo de los 59 elementos conocidos al momento, en función de sus pesos atómicos, dando origen a lo que conocemos como la Tabla Periódica. Dentro de esos 59 elementos, se incluían aquellos que eran conocidos por el hombre desde la antigüedad, aún antes de que se desarrollara el concepto de elemento químico. Este grupo estaba formado por catorce elementos: Cu, Pb, Ag, Au, Fe, C, Sn, S, Hg, Zn, As, Sb, Bi y P.



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

основанной на ихъ атомномъ вѣсѣ и химическомъ сходствѣ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.	
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.	
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	Os = 199.	
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118		
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?	
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
	F = 19	Cl = 35,6	Br = 80	I = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.	
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.	
		? = 45	Ce = 92			
		?Er = 56	La = 94			
		?Yt = 60	Di = 95			
		?In = 75,6	Th = 118?			

a) Las primeras versiones de la Tabla Periódica tenían en sus columnas a elementos que se preveía que tuvieran similares propiedades químicas. En la siguiente tabla se muestran los catorce elementos mencionados antes, y otros que Mendeléiev ubicó en la misma columna. En base a lo que conocemos en 2019, indica en qué casos fue acertado el lugar en que los ubicó Mendeléiev.

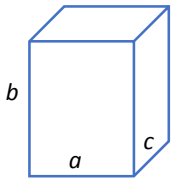
Elemento	En la misma columna según Mendeléiev	Correcto	Incorrecto	Elemento	En la misma columna según Mendeléiev	Correcto	Incorrecto
Cu	Cs			S	Se		
Pb	Sn			Hg	Cd		
Ag	Au			Zn	Sr		
Au	H			As	P		
Fe	Ni			Sb	Bi		
C	Si			Bi	Ta		
Sn	C			P	Nb		

b) Escribe la configuración electrónica de los siguientes átomos e indica a qué periodo y grupo de la tabla periódica pertenecen (la primera fila se muestra como ejemplo):

Elemento	Configuración electrónica	Período	Grupo
B	*n1 = 2e, n2 = 3e*	*2*	*13 o IIIA*
C			
P			
S			

Tal vez el mayor logro de Mendeléiev fue dejar huecos en su tabla para elementos que aún no se conocían, o sea, pudo prever la existencia de nuevos elementos en la tabla. A uno de ellos lo llamó eka-aluminio prediciendo que se trataba de un elemento que debía ir debajo del aluminio. Según Mendeléiev, este nuevo elemento debía tener un peso atómico de aproximadamente 70 y una densidad cercana a 6 g/cm^3. En 1875 Lecoq de Boisbaudran identificó la presencia de galio en muestras del mineral esfalerita y confirmó experimentalmente todo lo predicho por Mendeléiev. En los experimentos iniciales Lecoq de Boisbaudran logró aislar 0,65 g de galio de 430 kg de esfalerita proveniente de los Pirineos.

El galio elemental es un metal que cristaliza en una estructura llamada ortorrómbica, que se muestra en la figura. En ella los lados se encuentran formando ángulos rectos y son diferentes entre sí (a≠b≠c). La celda unidad contiene 8 átomos de galio.



c) Calcula la densidad del galio, en g/cm^3, sabiendo que *a* = 4,52 Å, *b* = 7,66 Å y *c* = 4,53 Å.

El Ga es uno de los elementos metálicos con menor punto de fusión (29,76 °C), sin embargo, el punto de ebullición es similar al de otros metales (2204 °C).

d) Una muestra del metal Ga se encuentra a 50 °C y una presión de 1 atm. ¿Cuál es su estado de agregación?

❑ Sólido ❑ Líquido ❑ Gas

A nivel mundial, el arseniuro de galio (GaAs) y nitruro de galio (GaN) representan el 95% del consumo anual mundial de galio y se utilizan principalmente para aplicaciones tecnológicas. El aumento dramático del consumo de galio en los últimos años se debe al rápido avance de la tecnología 3G y 4G en telefonía celular.

e) Completa el siguiente cuadro:

símbolo	$^{27}_{13}Al^{3+}$		$^{73}_{33}As$	
número de protones		31		7
número de electrones				10
número de neutrones		38		10
carga		+3		

PROBLEMA 2 - EL GRUPO 15

El grupo 15 de la Tabla Periódica que conocemos actualmente está conformado por N, P, As, Sb y Bi. Estos cinco elementos integraban el grupo V de la tabla original de Mendeléiev.

a) Indica si las siguientes afirmaciones son falsas (F) o verdaderas (V).

	F o V
El As puede perder 5 electrones y formar el catión As^{+5}	
Todos los elementos del grupo 15 son no metales	
El P generalmente se encuentra formando compuestos covalentes	
Cuando el N se combina con el O forma compuestos moleculares	
El Bi es un elemento del bloque s	

Los elementos de este grupo presentan una gran versatilidad química, es decir, forman compuestos con propiedades muy diferentes. Esta característica los diferencia de otros grupos de la Tabla Periódica, como los alcalinos, los alcalino-térreos o los halógenos.

b) Dibuja la estructura de Lewis para las moléculas de N_2, $\underline{P}H_3$ y N_2O ($N\underline{N}O$). El átomo central se indica subrayado.

N_2	**PH_3**	**N_2O**

A medida que se baja en el grupo 15 de la Tabla Periódica, existe una paulatina estabilización del estado de oxidación +3. El bismuto existe casi exclusivamente como Bi(III). Uno de sus haluros, el BiI_3 muestra diversas aplicaciones al estado sólido debido a sus propiedades semiconductoras. Es muy poco soluble en agua, con una solubilidad molar de $1{,}30 \times 10^{-5}$ mol/L a 25 °C.

c) Escribe la ecuación química balanceada para la reacción de disolución de BiI_3 en agua. Indica los estados de agregación de todas las especies. Calcula el volumen de agua necesario para disolver 1 mg de este compuesto a 25 °C. Puedes considerar que la densidad de la solución saturada de BiI_3 es 1 g/mL.

El arsénico (As) es uno de los elementos conocidos por el hombre desde la antigüedad y que estuvo incorporado en la primera Tabla Periódica. La primera síntesis a gran escala de este elemento fue reportada en 1649 por Johann Schroder. Partía del mineral arsenolita (As_2O_3) y lo reducía con carbón a alta temperatura.

d) Iguala la reacción de obtención de arsénico:

$$___\ As_2O_3(s) + ___\ C(s) \rightarrow ___\ As(s) + ___\ CO_2(g)$$

e) Indica si las siguientes afirmaciones referidas a dicha reacción son falsas (F) o verdaderas (V)

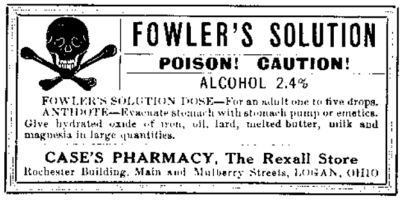
	F o V
Cada mol de arsenolita contiene 2 moles de As	
22 g de CO_2 contienen $6{,}02 \times 10^{23}$ moléculas	
Por cada mol de arsenolita que reacciona se obtiene el doble de moles de As	
Partiendo de 10 g de $As_2O_3(s)$ se puede obtener por lo menos 10 g de As(s)	

f) Se realiza la reacción con 50 g de arsenolita y 10 g de C. Calcula el reactivo limitante y la masa de As(s) en gramos a obtener en estas condiciones.

g) Determina la composición del sistema (en gramos de cada componente) una vez que la reacción se ha completado. Puedes suponer que la reacción de interés es la única que ocurre en el recipiente.

h) Si al reaccionar 50 g de arsenolita con 10 g de carbón se obtiene 10 g de CO_2. ¿Cuál es el rendimiento de la reacción respecto al CO_2?

i) La toxicidad de los compuestos de arsénico es bien conocida, sin embargo, algunos han sido utilizados como fármacos. Un ejemplo es el llamado *tónico de Fowler* usado en el siglo XIX. Consistía en una solución etanólica al 2,4 %m/m, d = 0,79 g/mL de meta-arsenito de potasio ($KAsO_2$). Calcula la cantidad necesaria (en gramos) de meta-arsenito de potasio necesaria para preparar 600 mL de solución.



j) Indica con una X cuál de las afirmaciones referidas al *tónico de Fowler* es correcta. Sólo una opción es correcta.

El etanol es el soluto del *tónico de Fowler*	
El meta-arsenito de potasio es el componente mayoritario de la mezcla	
El *tónico de Fowler* es una mezcla homogénea	
La concentración en %m/m es igual a la concentración en %m/v	

k) Al disolver meta-arsenito de potasio en agua éste se protona formando el ácido meta-arsenioso ($HAsO_2$). El $HAsO_2$ es un ácido débil. Escribe la reacción de disociación para el ácido meta-arsenioso. Calcula el pH de una solución de $HAsO_2$ donde la concentración hidrogeniónica vale $7{,}42 \times 10^{-6}$ mol/L.

l) Otros compuestos de arsénico fueron utilizados como colorantes, antes de que se conociera su toxicidad. Uno de ellos es el llamado *verde de Scheele*. Este contiene, además de arsénico, tres elementos: hidrógeno, oxígeno y Z, que tendrás que identificar. Su fórmula es $ZHAsO_3$ y la composición porcentual es 33,9% de Z, 40,0 % de As, 25,6% de O y 0,5% de H. Determina el peso atómico de Z e identifica de qué elemento de trata.

El nitrógeno es capaz de formar diversos óxidos. Algunos de los más conocidos son el óxido nitroso (N_2O) o gas hilarante, que tiene efectos anestésicos, el dióxido de mononitrógeno (NO_2) y el tetraóxido de dinitrógeno (N_2O_4) que se forma por dimerización del anterior que son potentes agentes oxidantes y se utilizan como carburentes en mezclas combustibles para cohetes y el óxido nítrico (NO) conocido por su papel contaminante de la atmósfera, identificado como uno de los gases de efecto invernadero.

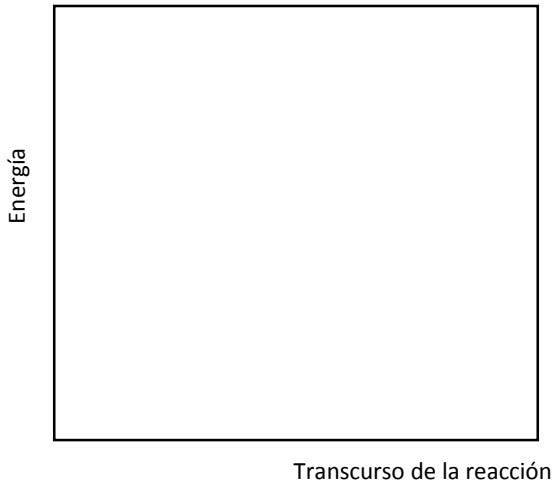
En particular, el NO_2 se dimeriza formando N_2O_4 según la siguiente reacción:

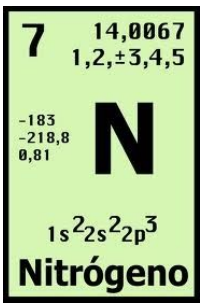
$$2\ NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4\ (g)$$

m) Si la variación de entalpía a 298 K de esta reacción es -57,20 kJ se trata de un proceso:

❑ **endotérmico** ❑ **exotérmico**

n) Realiza un diagrama entálpico que represente el proceso indicando reactivos y productos.



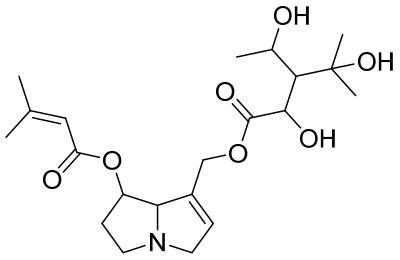


El nitrógeno es el elemento de número atómico 7 y fue descubierto y aislado por Daniel Rutheford en 1772. El nitrógeno en su forma de gas (N_2) constituye un 78 % de la atmósfera de nuestro planeta. Es uno de los elementos que aparece más frecuentemente en la química orgánica, siendo fundamental en los organismos vivos. En el cuerpo humano, el N es el cuarto elemento más abundante, luego de O, C y H, donde principalmente se encuentra en aminoácidos (bloques de construcción de las proteínas) y en los ácidos nucleicos (bloques de construcción del ADN y ARN).

Otros compuestos nitrogenados naturales ampliamente extendidos son los alcaloides. Los mismos pueden provenir de diversos tipos de organismos y en muchos casos poseen actividades biológicas muy interesantes.

a) Esta es la estructura de un alcaloide natural, la echihumilina. Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

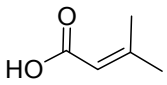
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Amina
g- Amida



Echihumilina

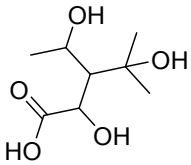
b) La echihumilina puede hidrolizarse obteniendo tres compuestos **A**, **B** y **C**.

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto **A**.



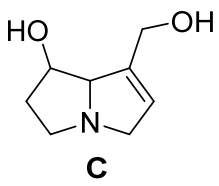
A

ii. Indica dos isómeros de posición del compuesto **B**.

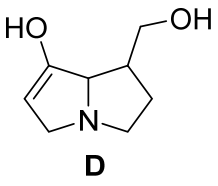


B

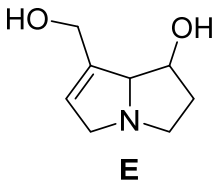
iii. Compara **C** con **D** y luego **C** con **E**. Indica cual es la relación entre cada par.



C

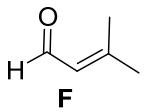


D



E

iv. El compuesto **A** es reducido para producir el aldehído **F. Representa las diferentes estructuras resonantes de F** e indica cuál de ellas es la que contribuye más al híbrido de resonancia (estructura más estable). Justifica.



F

PROBLEMA 4 - LOS ELEMENTOS DE TRANSICIÓN

Los elementos de transición presentan un comportamiento químico que es casi exclusivo de este conjunto y que los distingue de los elementos representativos (bloques s y p). Como definición general se considera que los elementos de transición son aquellos que tienen las subcapas d o f parcialmente llenas ya sea en su estado elemental como en los estados de oxidación más comunes.

a) Indica cuál de las siguientes afirmaciones describe, de forma general, las características de los elementos de transición (marca con una X, sólo una opción es correcta):

son duros y quebradizos	
al estado sólido presentan estructuras moleculares	
son aislantes térmicos y eléctricos	
se pueden fabricar alambres y placas a partir de ellos	

b) Completa la siguiente tabla con los nombres o fórmulas de compuestos de metales de transición:

Nombre	**Fórmula**
Permanganato de potasio	
Óxido de manganeso(IV)	
	$MnSO_4$
Hidróxido férrico	
	FeO
Dicromato de plata	
	V_2O_5
Óxido de cromo(III)	
	$Co(NO_3)_2$
	$CoCl_3$

Los óxidos metálicos pueden formarse por deshidratación de los hidróxidos, calentando a una temperatura suficiente.

c) Escribe la ecuación balanceada correspondiente a la formación del óxido de cobre(II) a partir del hidróxido.

Algunos óxidos de metales de transición reaccionan con ácidos para formar sales. El óxido de manganeso(IV) es un sólido marrón que puede disolverse por reacción con ácido clorhídrico concentrado, dando como productos cloruro de manganeso(II), cloro gaseoso y agua.

d) Escribe la ecuación química balanceada que representa dicha reacción.

e) El nitrato de cobre(II) es un electrolito ❑ fuerte ❑ débil

Otros metales de transición, especialmente los más pesados, son utilizados en radioterapia e imagenología ya que presentan isótopos radiactivos.

f) Completa las siguientes ecuaciones de decaimiento radiactivo:

$^{99m}Tc \rightarrow \gamma +$ _____

$^{104}Rh \rightarrow \beta^{-} +$ _____

$^{89}Zr \rightarrow \beta^{+} +$ _____

$^{223}Ra \rightarrow + {}^{4}_{2}\alpha$ _____

g) Completa las siguientes ecuaciones de fisión nuclear:

$^{235}U + {}^{1}n \rightarrow$ _____ $+ {}^{90}Sr + 4\ {}^{1}n$

$^{235}U + {}^{1}n \rightarrow$ _____ $+ {}^{96}Rb + 3\ {}^{1}n$

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1																	**18**
1 H 1.008	**2**											**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Institución: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

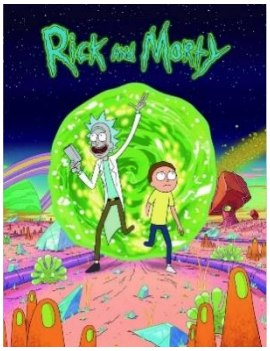
XXIV OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 3

Planilla de corrección

1a	1b	2a	2b	2c	2d	2e	3a	3b	3c	3d	3e
			4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g		5a
5b	5c	5d	5e	6a	6b	6c	6d	6e	6f	6g	**TOTAL**

Rick Sánchez es un científico de renombre, no solo en el planeta Tierra sino en el universo. Vive con su familia, y cada día arrastra a su nieto Morty en alguna aventura problemática, con la excusa de que precisa de su ayuda para poder lograr algún objetivo importante.

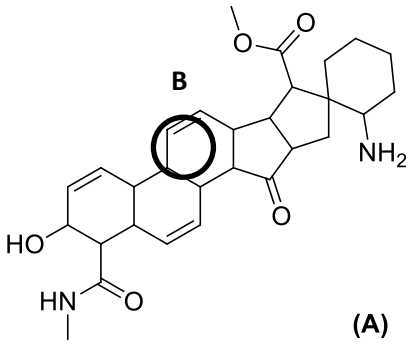
PROBLEMA 1



Las aventuras del loco pero brillante científico Rick Sánchez y su nervioso nieto adolescente, Morty Smith, son una locura de principio a fin. En la segunda temporada, tras asistir a una llamada de emergencia de los sobrevivientes de una nave supuestamente invadida, Rick se reencuentra con su exnovia llamada Unidad, una especie de mente de colmena que ha tomado el control de los habitantes de todo un planeta como parte de su plan por asimilar las consciencias de todo el universo. Esto es similar a cómo las abejas reinas pueden controlar a sus súbditos, usando feromonas para hacer que otras abejas sigan su ejemplo. Estas feromonas hacen que las abejas obreras estén más concentradas al producir cambios en su ADN para volverse dóciles, por lo que su único propósito es el trabajo.

Esta es la estructura de un derivado de la feromona natural Filiferina (A). Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

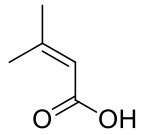
A. **Alcohol**
B. **Alqueno**
C. **Aldehído**
D. **Cetona**
E. **Éster**
F. **Amina**
G. **Amida**



(A)

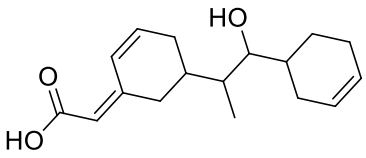
El compuesto (B) se utiliza para obtener el compuesto (A).

i) Indica el nombre IUPAC de B.



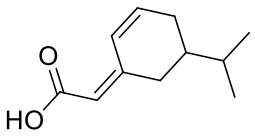
(B)

ii) Dibuja dos isómeros de posición del compuesto (C).

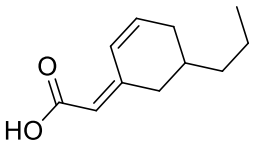


(C)

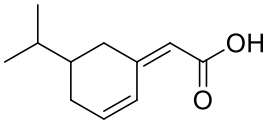
iii) Indica qué relación existe entre los compuestos D y E, y entre D y F.



(D)



(E)



(F)

Relación entre D y E:

Relación entre D y F:

PROBLEMA 2



En otro de sus locos viajes, Rick y Morty se transportan a otra dimensión. En este universo paralelo, todo es diferente. El código genético codifica para otros aminoácidos, por lo que todas las proteínas humanas son diferentes. Además, como resultado de este cambio, el cuerpo humano no es capaz de procesar la fructosa. Como consecuencia la principal fuente de energía proviene de la lactosa y, este constituye el azúcar de mesa.

a) Escribe las estructuras de la D-galactosa (epímero en el carbono 4 de D-glucosa) y D-glucosa en forma Fischer y Haworth (cíclica).

Galactosa		**Glucosa**	
Fischer	**Haworth**	**Fischer**	**Haworth**

b) Responde las siguientes preguntas señalando la/las opciones correctas.

i. ¿Cuál/cuáles de los siguientes carbohidratos arrojan resultado negativo al reactivo de Fehling?

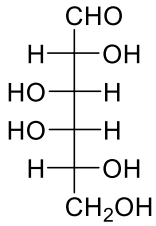
❑ Maltosa ❑ Sacarosa ❑ Lactosa

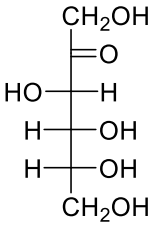
ii. Desde el punto de vista de su estructura, la galactosa es una:

❑ Aldohexosa ❑ Cetohexosa ❑ Aldopentosa ❑ Cetopentosa

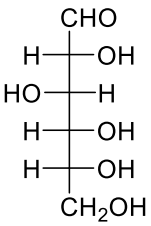
iii. ¿Cuáles de los siguientes pares de compuestos son epímeros?

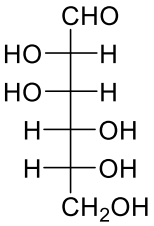
❑





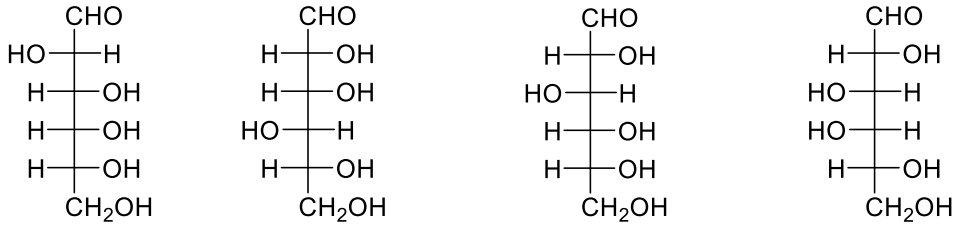
❑





continúa en la siguiente página

❑ ❑



iv. Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

La glucosa y la fructosa son isómeros de posición	
El carbono anomérico de la glucosa es el carbono 4	
La α-D-glucosa sufre mutarrotación en medio acuoso	
La D-glucosa y la L-glucosa son isómeros de cadena	

Las encefalinas son péptidos que actúan como neurotransmisores modificando la percepción del dolor. En el nuevo universo uno de estos pentapéptidos posee la siguiente secuencia: Gly-Ala-Ala-Phe-Cys. Las enzimas encargadas de la metabolización de estos péptidos lo escinden en los enlaces peptídicos de C a N terminal, siendo la cisteína el primer aminoácido que se produce.

c) Sabiendo que el punto isoeléctrico de la cisteína es 5,07, dibuja todos los equilibrios ácido base que ocurren a diferentes pH.

PROBLEMA 3

En una de sus increíbles aventuras intergalácticas, Rick Sánchez y su nieto Morty, deben ir desde el Planeta Tierra del Universo C-137 hacia el planeta Gaia para realizar un intercambio de cristales con un grupo de mafiosos. Este planeta tiene un alto contenido de hierro en su corteza, casi 40%, mayor al que encontramos en la corteza terrestre, 5%.



a) El hierro en Gaia se encuentra repartido mayoritariamente entre sus dos óxidos más comunes (II y III) y sus dos sulfatos más comunes. Escribe la fórmula y el nombre de los cuatro compuestos.

Fórmula	Nombre

Otra característica química sobresaliente de Gaia es la composición de su atmósfera, la que contiene varios ácidos. Se cree que originalmente la atmósfera gaiana estaba formada por hidrógeno gas y cloro gas. Su mayor atracción gravitatoria hace que esta mezcla gaseosa pueda considerarse en un recipiente cerrado a temperatura constante. La irradiación por luz ultravioleta provocó la formación de otro gas, el cloruro de hidrógeno.

b) Escribe la ecuación balanceada para la reacción de formación del cloruro de hidrógeno gaseoso.

Actualmente, la atmósfera gaiana puede considerarse una mezcla en equilibrio. La atmósfera tiene un 60% en volumen de cloro, 10 % en volumen de hidrógeno y 30 % en volumen de cloruro de hidrógeno. Además, se sabe que el contenido de cloro ha disminuido en un 20%, respecto al contenido original.

c) Considerando un comportamiento ideal de los gases, determina la composición inicial de la mezcla gaseosa en porcentaje en volumen.

d) Suponiendo que la presión total de la atmósfera gaiana vale 0,89 atm y la temperatura es de 298,4 °C, determina el valor de K_p para el equilibrio.

e) Indica (con una X) en cada uno de los casos que se presentan, cómo se afectará la posición de equilibrio.

	Se desplaza a la derecha	Se desplaza a la izquierda	No se altera
Agregado de más cloruro de hidrógeno			
Retiro de cantidades iguales de cloro e hidrógeno			
Aumento de la presión total de la atmósfera por un gas inerte			

PROBLEMA 4



Para hacer el intercambio de cristales, Rick y Morty se encuentran con los mafiosos en una planta de tratamiento de aguas, que debido a la atmósfera gaiana, resulta ser ácida. Las aguas residuales se acumulan en tanques de 5 m^3. Antes de entrar a la planta, Rick le advierte a Morty que si algo sale mal deben zambullirse a uno de los tanques, que él había adulterado previamente. De esta manera los mafiosos los darían por muertos creyendo que fueron atacados por ácido. En el falso tanque de ácido había escondido un cilindro de aire. Al momento del intercambio, los mafiosos confesaron que los cristales que traían no eran los que Rick buscaba, por lo que Rick y Morty se tiraron dentro del tanque falso y usaron el cilindro de aire para respirar.

a) Una persona respira, en promedio, un volumen de 5,5 litros de aire por minuto. El contenido de nitrógeno y oxígeno en el aire es de 79 y 21 % respectivamente. Calcula cuál es el volumen total de cada gas que respiraron Rick y Morty en 15 minutos, suponiendo que los dos respiraron la misma cantidad.

Antes de su viaje, Rick tuvo que preparar el líquido para el tanque adulterado. Hizo varios experimentos para copiar el color, de un tono verde brillante. De todos sus experimentos, Rick llegó a la conclusión de que el color más parecido se lograba disolviendo 25 g de $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ y 75 g de $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ en 100 mL de agua.

b) Calcula la concentración de Ni^{2+} en la solución, en mol/L.

c) ¿Cuánto $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ tuvo que utilizar en total (en kg) para preparar el líquido para el tanque?

d) El líquido de los tanques contiene HCl y H_2SO_4. La concentración total de ácido vale 3,2 mol/L. Calcula el pH del líquido verde.

Los tanques de ácido están fabricados con una mezcla de Ni(s), NiO_2(s), Mn(s) y MnO_2(s) y Cd(s).

e) Utilizando los datos que se muestran a continuación, indica cuál de los cinco componentes esperas que comience a reaccionar primero frente a HCl.

$E°$ (Mn^{2+}/Mn)= −1,18 V

$E°$ (Ni^{2+}/Ni)= −0,23 V

$E°$ (NiO_2/Ni)= +1,59V

$E°$ (MnO_2/Mn)= +1,23 V

$E°$ (Cd^{2+}/Cd)= −0,40 V

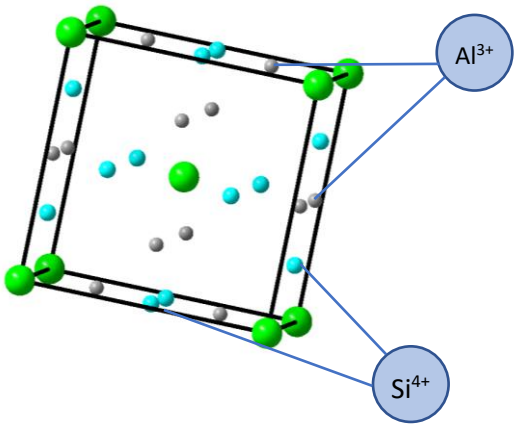
f) Con los pares redox NiO_2(s)/Ni^{2+} y Mn(s)/Mn^{2+} se podría construir una celda electroquímica. Escribe para esta celda las semirreacciones correspondientes y la reacción global. Calcula el valor de E^0 para la misma.

El intercambio falló porque los mafiosos llevaron cristales falsos. Rick esperaba recibir cristales de un compuesto similar a la piedra sodalita. Sin embargo, lo estaban tratando de engañar con calcita celeste (carbonato de calcio impurificado).

g) La piedra sodalita es un mineral de composición $Na_A(Si_BAl_CO_{12})_2Cl_D$ y la celda unidad, cúbica, se puede representar como se muestra en la figura adjunta (se omitieron los átomos de sodio y oxígeno para mayor claridad). En base a la figura, y a la siguiente información, determina los coeficientes A, B, C y D de la sodalita.

- Hay dos átomos de silicio y dos átomos de aluminio en cada cara.
- El sodio y el oxígeno están totalmente contenidos dentro de la celda (no se muestran en la figura).

A	
B	
C	
D	



PROBLEMA 5



Una vez que Rick y Morty se escaparon de los mafiosos intentaron volver del planeta Gaia, pero la pistola de portales los lleva a un universo diferente. En este existe alta concentración de CO(g) en el ambiente. Morty llevaba en su mano un mineral amarronado del suelo Gaiano que al llegar al nuevo universo se empieza a ennegrecer. La reacción química involucrada en el proceso (no balanceada) se describe a continuación:

$MnO_2(s) + CO\ (g) \rightarrow Mn_2O_3(s) + CO_2(g)$

a) Calcula el cambio de entalpía de la reacción a 298 K utilizando la siguiente información e indica si se trata de un proceso exotérmico o endotérmico:

$MnO_2(s) + CO(g) \rightarrow MnO(s) + CO_2(g)$ $\quad \Delta H° = -151$ kJ

$Mn_3O_4(s) + CO(g) \rightarrow 3\ MnO(s) + CO_2(g)$ $\quad \Delta H° = -54$ kJ

$3\ Mn_2O_3(s) + CO(g) \rightarrow 2\ Mn_3O_4(s) + CO_2(g)$ $\quad \Delta H° = -142$ kJ

El proceso es: exotérmico ❑ endotérmico ❑

b) Sabiendo que el cambio de entropía en condiciones estándar a 25 °C (ΔS°_{298}) para la reacción global es 19,79 J/mol·K, calcula el ΔG°_{298} e indica si el proceso es termodinámicamente favorable en las condiciones planteadas.

Termodinámicamente favorable: sí ❑ no❑

c) Calcula la constante de equilibrio *K* a 298 K.

d) Para intentar detener la reacción y conservar la piedra Gaiana, Rick sugiere introducir la piedra en un recipiente cerrado. Inevitablemente, al abrir el recipiente para introducirla, éste se llena del aire del nuevo universo, conteniendo 0,2 atm de CO y 0,4 atm de CO_2. Indica si la reacción seguirá avanzando y la composición final de los gases cuando lo vuelvan a abrir.

¿La reacción avanzará? sí ❑ no❑

¿La reacción llegará al equilibrio? sí ❑ no❑

Composición de gases finales: pCO = $p$$CO_2$ =

Mientras Rick intentaba parar la reacción de descomposición de la piedra Gaiana, Morty se da cuenta que el clima en este universo es muy inestable, vuelven a abrir el portal y se vuelven a casa. Repentinamente, la temperatura en el nuevo universo desciende de 25°C a −20 °C.

Un mol de agua se convierte en agua líquida superenfriada a −20 ° C y 1 atm de presión y luego se convierte en hielo a la misma temperatura (tenga en cuenta que la temperatura del entorno es constante a -20 ° C).

Utilizando los siguientes datos para el agua:

- El calor de fusión ($\Delta H°_{fus}$) del hielo a -20 ° C y 1 atm es 6020 J mol $^{-1}$
- $Cp, m\ (H_2O\ (s))$ = 37,7$J\ mol^{-1}K^{-1}$
- $Cp, m\ (H_2O\ (l))$ = 75,3 $J\ mol^{-1}K^{-1}$

e) Calcula el calor intercambiado al convertir agua líquida en hielo a −20 °C.

PROBLEMA 6



Cuando finalmente logran regresar del viaje de intercambio, Rick y Morty traen consigo varias muestras recolectadas de agua de ríos gaianos, tierra gaiana y algunas especies de seres vivos del planeta Gaia. En una de las muestras de agua, determinan la presencia de distintos aniones, entre ellos, el hipoclorito.

a) Escribe las estructuras de Lewis para este oxoanión de cloro y además las de clorito, clorato y perclorato. Indica la geometría que presentan estos aniones y el número de oxidación del cloro en cada uno de ellos.

Pista: No existen enlaces oxígeno-oxígeno

i) hipoclorito ($\underline{Cl}O^-$) Geometría molecular: Estructura Lewis:	ii) clorito ($\underline{Cl}O_2^-$) Geometría molecular: Estructura Lewis:
iii) clorato ($\underline{Cl}O_3^-$) Geometría molecular: Estructura Lewis:	iv) perclorato ($\underline{Cl}O_4^-$) Geometría molecular: Estructura Lewis:

b) Una de las muestras de suelo gaiano presenta altas concentraciones de manganeso. ¿A qué grupo de elementos pertenece? Selecciona la opción correcta.

❑ alcalinos ❑ alcalino-térreos ❑ bloque s ❑ bloque d ❑ bloque p

c) Rick y Morty encontraron también un elemento con configuración electrónica equivalente al Mn(0) en las muestras de suelo ¿De qué elemento piensas que se trata?

d) La computadora de Rick y Morty ha fallado al intentar asignar números cuánticos a un electrón ubicado en diferentes orbitales de un átomo de manganeso. Completa en el informe de la computadora (la tabla a continuación) el conjunto de números cuánticos, la subcapa, e indica si el estado fundamental del átomo estará ocupado o no (la primera fila se muestra como ejemplo).

Subcapa	**Números cuánticos**	**¿Estará ocupado?**
1s	n = 1, ℓ = 0, m_ℓ = 0	Sí
	n=2, ℓ=1, m_ℓ=0, m_s= $\pm$1/2	
3d		
	n = 4, ℓ = 1, m_ℓ = –1	
4d		

e) Los análisis de suelo indicaron la presencia de Mn, Cl, Mo, Tc. Ordénalos según su radio atómico:

f) Además de Mn se detectó también P y F. Ordena estos 3 elementos según su primera energía de ionización:

Entre otras muestras, encontraron una sustancia sólida que se conoce por ser altamente nutritiva, supuestamente por ser rica en hierro. Para determinar el contenido de hierro en esa sustancia, utilizan un procedimiento llamado permanganimetría, que es una titulación en la que se utiliza una solución de permanganato de potasio como valorante. Además, el anión permanganato (violeta) puede actuar como autoindicador, ya que al reaccionar con hierro(II) se reduciría a manganeso(II) incoloro, por lo tanto, el punto final de la valoración será cuando el color violeta persista por lo menos 20 segundos antes de desaparecer. Las semirreacciones que tienen lugar son:

$$MnO_4^-\,(ac) + 8H^+\,(ac) + 5\,e \rightleftharpoons Mn^{2+}\,(ac) + 4\,H_2O\,(l)$$

$$Fe^{2+}\,(ac) \rightleftharpoons Fe^{3+}\,(ac) + e$$

g) Morty hace la titulación con una solución de permanganato de potasio de concentración 0,0201 mol/L. El gasto al valorar una muestra de 650 mg del sólido, fue de 7,95 mL. Calcula el contenido de hierro en la muestra, expresando el resultado en mg de Fe, con dos cifras decimales.

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol·K) = 8,31 J/(mol·K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol·K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J·s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1																	**18**
1 H 1.008	**2**											**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Institución: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

U D E L A R
FQ
FACULTAD DE QUIMICA

XXIV OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 2

Planilla de corrección

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

Rick Sánchez es un científico de renombre, no solo en el planeta Tierra sino en el universo. Vive con su familia, y cada día arrastra a su nieto Morty en alguna aventura problemática, con la excusa de que precisa de su ayuda para poder lograr algún objetivo importante.

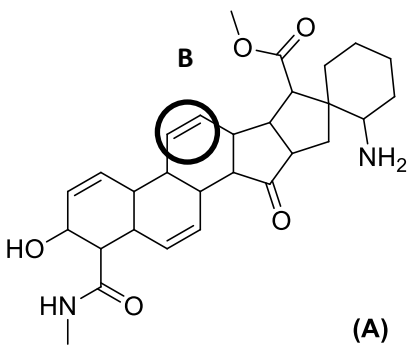
PROBLEMA 1



Las aventuras del loco pero brillante científico Rick Sánchez y su nervioso nieto adolescente, Morty Smith, son una locura de principio a fin. En la segunda temporada, tras asistir a una llamada de emergencia de los sobrevivientes de una nave supuestamente invadida, Rick se reencuentra con su exnovia llamada Unidad, una especie de mente de colmena que ha tomado el control de los habitantes de todo un planeta como parte de su plan por asimilar las consciencias de todo el universo. Esto es similar a cómo las abejas reinas pueden controlar a sus súbditos, usando feromonas para hacer que otras abejas sigan su ejemplo. Estas feromonas hacen que las abejas obreras estén más concentradas al producir cambios en su ADN para volverse dóciles, por lo que su único propósito es el trabajo.

a) Esta es la estructura de un derivado de la feromona natural Filiferina (A). Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

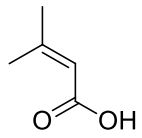
A. Alcohol
B. Alqueno
C. Aldehído
D. Cetona
E. Éster
F. Amina
G. Amida



(A)

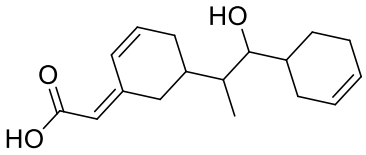
b) El compuesto (B) se utiliza para obtener el compuesto (A).

i) Indica el nombre IUPAC de B.



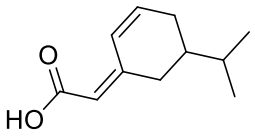
(B)

ii) Dibuja dos isómeros de posición del compuesto (C).

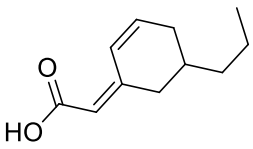


(C)

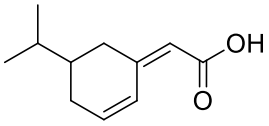
iii) Indica qué relación existe entre los compuestos D y E, y entre D y F.



(D)



(E)



(F)

Relación entre D y E:

Relación entre D y F:

PROBLEMA 2

En una de sus increíbles aventuras intergalácticas, Rick Sánchez y su nieto Morty, deben ir desde el Planeta Tierra del Universo C-137 hacia el planeta Gaia para realizar un intercambio de cristales con un grupo de mafiosos. Este planeta tiene un alto contenido de hierro en su corteza, casi 40%, mayor al que encontramos en la corteza terrestre, 5%.

a) Escribe la configuración del átomo de hierro, así como la de sus estados de oxidación más comunes, Fe(II) y Fe(III).

Fe	
Fe(II)	
Fe(III)	

b) El hierro en Gaia se encuentra repartido mayoritariamente entre sus dos óxidos más comunes (II y III) y sus dos sulfatos más comunes. Escribe la fórmula y el nombre de los cuatro compuestos.

Fórmula	Nombre

Otra característica química sobresaliente de Gaia es la composición de su atmósfera, la que contiene varios ácidos. Se cree que originalmente la atmósfera gaiana estaba formada por hidrógeno gas y cloro gas. Su mayor atracción gravitatoria hace que esta mezcla gaseosa pueda considerarse en un recipiente cerrado a temperatura constante. La irradiación por luz ultravioleta provocó la formación de otro gas, el cloruro de hidrógeno.

c) Escribe la ecuación balanceada para la reacción de formación del cloruro de hidrógeno gaseoso.

Actualmente, la atmósfera gaiana puede considerarse una mezcla en equilibrio. La atmósfera tiene un 60% en volumen de cloro, 10 % en volumen de hidrógeno y 30 % en volumen de cloruro de hidrógeno. Además, se sabe que el contenido de cloro ha disminuido en un 20%, respecto al contenido original.

d) Considerando un comportamiento ideal de los gases, determina la composición inicial de la mezcla gaseosa en porcentaje en volumen.

e) Suponiendo que la presión total de la atmósfera gaiana vale 0,89 atm y la temperatura es de 298,4 °C, determina el valor de K_p para el equilibrio.

f) Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

Rb y E son elementos de transición	
Rb y E son elementos alcalinos	
La energía de ionización de Rb y E son mayores a las del Ne	
Rb y E son metales muy reactivos	



Una muestra de 4,6 g de la aleación reacciona completamente con agua para dar una solución básica y desprender 2,241 L de hidrógeno en condiciones de presión y temperatura normales.

g) Escribe la ecuación que representa la reacción con agua de los dos componentes de la aleación.

h) Determina cuál es el elemento E.

i) Determina la composición de la aleación y exprésala en porcentaje en masa.

PROBLEMA 3



Para hacer el intercambio de cristales, Rick y Morty se encuentran con los mafiosos en una planta de tratamiento de aguas, que debido a la atmósfera gaiana, resulta ser ácida. Las aguas residuales se acumulan en tanques de 5 m^3. Antes de entrar a la planta, Rick le advierte a Morty que si algo sale mal deben zambullirse a uno de los tanques, que él había adulterado previamente. De esta manera los mafiosos los darían por muertos creyendo que fueron atacados por ácido. En el falso tanque de ácido había escondido un cilindro de aire. Al momento del intercambio, los mafiosos confesaron que los cristales que traían no eran los que Rick buscaba, por lo que Rick y Morty se tiraron dentro del tanque falso y usaron el cilindro de aire para respirar.

a) Una persona respira, en promedio, un volumen de 5,5 litros de aire por minuto. El contenido de nitrógeno y oxígeno en el aire es de 79 y 21 % respectivamente. Calcula cuál es el volumen total de cada gas que respiraron Rick y Morty en 15 minutos, suponiendo que los dos respiraron la misma cantidad.

b) En condiciones normales un mol de cualquier gas ocupa un volumen de 22,4 L. Indica cuál de las siguientes opciones corresponde a lo que Rick y Morty respiraron, considerando los 15 minutos que pasaron dentro del tanque.

- ❑ 1,6 mol de O_2 y 5,82 mol de N_2
- ❑ $9,0 \times 10^{23}$ moléculas de O_2 y $7,0 \times 10^{24}$ moléculas de N_2
- ❑ 50 gramos de O y 200 gramos de N
- ❑ $1,9 \times 10^{24}$ átomos de O y $7,0 \times 10^{24}$ átomos de N

Antes de su viaje, Rick tuvo que preparar el líquido para el tanque adulterado. Hizo varios experimentos para copiar el color, de un tono verde brillante. Entre todos los ensayos, gastó 73 g de $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ y 68 g de $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, que quedaron disueltos en 90 mL de agua a temperatura ambiente. Minutos antes de partir a Gaia, dejó la solución enfriando, a 0 °C, para ver si a la vuelta podía recuperar parte de las sales.

c) Calcula la masa en gramos de cada sal encontrará Rick cuando regrese a casa.

Solubilidades a 0°C: 70,6 g/100 mL para $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ y 62,5 g/100 mL para $NiSO_4 \cdot 6H_2O$

De todos sus experimentos, Rick llegó a la conclusión de que el color más parecido se lograba disolviendo 25 g de $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ y 75 g de $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ en 100 mL de agua.

d) Calcula la concentración de Ni^{2+} en la solución, en mol/L.

e) ¿Cuánto $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ tuvo que utilizar en total (en kg) para preparar el líquido para el tanque?

f) El líquido de los tanques contiene HCl y H_2SO_4. La concentración total de ácido vale 3,2 mol/L. Calcula el pH del líquido verde.

Los tanques de ácido están fabricados con una mezcla de Ni(s), NiO_2(s), Mn(s) y MnO_2(s) y Cd(s).

g) Utilizando los datos que se muestran a continuación, indica cuál de los cinco componentes esperas que comience a reaccionar primero frente a HCl.

$E°$ (Mn^{2+}/Mn)= −1,18 V

$E°$ (Ni^{2+}/Ni)= −0,23 V

$E°$ (NiO_2/Ni)= +1,59V

$E°$ (MnO_2/Mn)= +1,23 V

$E°$ (Cd^{2+}/Cd)= −0,40 V

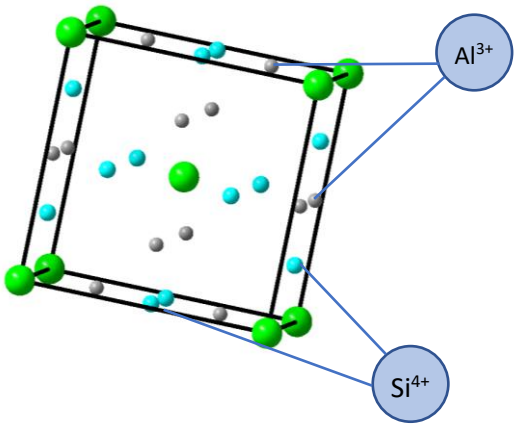
h) Con los pares redox $NiO_2(s)/Ni^{2+}$ y $Mn(s)/Mn^{2+}$ se podría construir una celda electroquímica. Escribe para esta celda las semirreacciones correspondientes y la reacción global. Calcula el valor de E^0 para la misma.

El intercambio falló porque los mafiosos llevaron cristales falsos. Rick esperaba recibir cristales de un compuesto similar a la piedra sodalita. Sin embargo, lo estaban tratando de engañar con calcita celeste (carbonato de calcio impurificado).

i) La piedra sodalita es un mineral de composición $Na_A(Si_BAl_CO_{12})_2Cl_D$ y la celda unidad, cúbica, se puede representar como se muestra en la figura adjunta (se omitieron los átomos de sodio y oxígeno para mayor claridad). En base a la figura, y a la siguiente información, determina los coeficientes A, B, C y D de la sodalita.

- Hay dos átomos de silicio y dos átomos de aluminio en cada cara.
- El sodio y el oxígeno están totalmente contenidos dentro de la celda (no se muestran en la figura).

A	
B	
C	
D	



PROBLEMA 4

Al regresar del viaje de intercambio Rick y Morty traen consigo varias muestras recolectadas de agua de ríos gaianos, tierra gaiana y algunas especies de seres vivos del planeta Gaia. En una de las muestras de agua, Rick y Morty determinan la presencia de distintos aniones, entre ellos, el hipoclorito.



a) Escribe las estructuras de Lewis para este oxoanión de cloro y además las de clorito, clorato y perclorato. Indica la geometría que presentan estos aniones y el número de oxidación del cloro en cada uno de ellos.

Pista: No existen enlaces oxígeno-oxígeno

i) hipoclorito ($\underline{Cl}O^-$) Número de oxidación del cloro: Geometría molecular: Estructura Lewis:	ii) clorito ($\underline{Cl}O_2^-$) Número de oxidación del cloro: Geometría molecular: Estructura Lewis:
iii) clorato ($\underline{Cl}O_3^-$) Número de oxidación del cloro: Geometría molecular: Estructura Lewis:	iv) perclorato ($\underline{Cl}O_4^-$) Número de oxidación del cloro: Geometría molecular: Estructura Lewis:

b) Una de las muestras de suelo gaiano presenta altas concentraciones de manganeso. ¿A qué grupo de elementos pertenece? Selecciona la opción correcta.

❑ alcalinos ❑ alcalino-térreos ❑ bloque s ❑ bloque d ❑ bloque p

c) Rick y Morty encontraron también un elemento con configuración electrónica equivalente al Mn(0) en las muestras de suelo ¿De qué elemento piensas que se trata?

d) La computadora de Rick y Morty ha fallado al intentar asignar números cuánticos a un electrón ubicado en diferentes orbitales de un átomo de manganeso. Completa en el informe de la computadora (la tabla a continuación) el conjunto de números cuánticos, la subcapa, e indica si el estado fundamental del átomo estará ocupado o no (la primera fila se muestra como ejemplo).

Subcapa	**Números cuánticos**	**¿Estará ocupado?**
1s	$n = 1, \ell = 0, m_\ell = 0$	Sí
	$n=2, \ell=1, m_\ell=0, m_s= \pm 1/2$	
3d		
	$n = 4, \ell = 1, m_\ell = -1$	
4d		

e) Los análisis de suelo indicaron la presencia de Mn, Cl, Mo, Tc. Ordénalos según su radio atómico:

f) Además de Mn se detectó también P y F. Ordena estos 3 elementos según su primera energía de ionización:

Entre otras muestras, encontraron una sustancia sólida que se conoce por ser altamente nutritiva, supuestamente por ser rica en hierro, que para los humanos es un metal. Para determinar la cantidad de hierro que hay en esa sustancia, utilizan un procedimiento llamado permanganimetría. Este procedimiento es una titulación en la que se utiliza una solución de permanganato de potasio como valorante. Además, el anión permanganato (violeta) puede actuar como autoindicador, ya que al reaccionar con hierro(II) se reduciría a manganeso(II) incoloro, por lo tanto, el punto final de la valoración será cuando el color violeta persista por lo menos 20 segundos. Las semirreacciones que tienen lugar son:

$$MnO_4^- (ac) + 8H^+ (ac) + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} (ac) + 4H_2O (l)$$

$$Fe^{2+} (ac) \rightleftharpoons Fe^{3+} (ac) + e$$

g) Morty hace la titulación con una solución de permanganato de potasio de concentración 0,0201 mol/L. El gasto al valorar una muestra de 650 mg del sólido, fue de 7,95 mL. Calcula el contenido de hierro en la muestra, expresando el resultado en mg de Fe, con dos cifras decimales.

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1																	**18**
1 H 1.008	**2**											**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Institución: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXIV OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 1

Planilla de corrección

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

Rick Sánchez es un científico de renombre, no solo en el planeta Tierra sino en el universo. Vive con su familia, y cada día arrastra a su nieto Morty en alguna aventura problemática, con la excusa de que precisa de su ayuda para poder lograr algún objetivo importante.

PROBLEMA 1



Las aventuras del loco pero brillante científico Rick Sánchez y su nervioso nieto adolescente, Morty Smith, son una locura de principio a fin. En la segunda temporada, tras asistir a una llamada de emergencia de los sobrevivientes de una nave supuestamente invadida, Rick se reencuentra con su exnovia llamada Unidad, una especie de mente de colmena que ha tomado el control de los habitantes de todo un planeta como parte de su plan por asimilar las consciencias de todo el universo. Esto es similar a cómo las abejas reinas pueden controlar a sus súbditos, usando feromonas para hacer que otras abejas sigan su ejemplo. Estas feromonas hacen que las abejas obreras estén más concentradas al producir cambios en su ADN para volverse dóciles, por lo que su único propósito es el trabajo.

a) Esta es la estructura de un derivado de la feromona natural Filiferina (A). Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

A. Alcohol

B. Alqueno

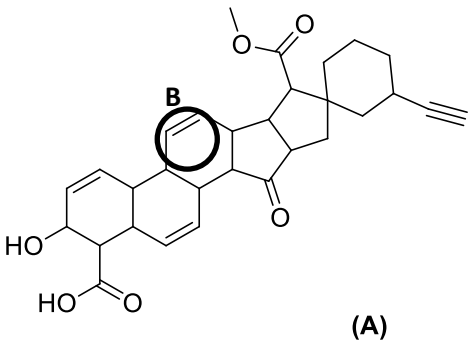
C. Alquino

D. Aldehído

E. Cetona

F. Éster

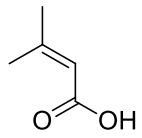
G. Ácido carboxílico



(A)

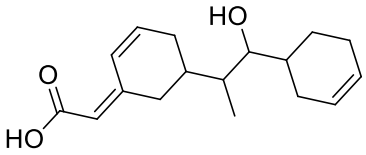
b) El compuesto (B) se utiliza para obtener el compuesto (A).

i) Indica el nombre IUPAC de B.



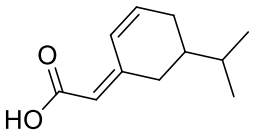
(B)

ii) Dibuja dos isómeros de posición del compuesto (C).

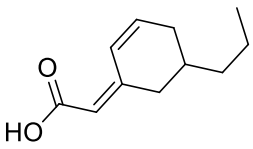


(C)

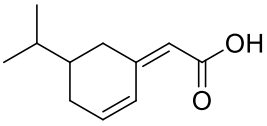
iii) Indica qué relación existe entre los compuestos D y E, y entre D y F.



(D)



(E)



(F)

Relación entre D y E:

Relación entre D y F:

PROBLEMA 2

En una de sus increíbles aventuras intergalácticas, Rick Sánchez y su nieto Morty, deben ir desde el Planeta Tierra del Universo C-137 hacia el planeta Gaia para realizar un intercambio de cristales con un grupo de mafiosos. Este planeta tiene un alto contenido de hierro en su corteza, casi 40%, mayor al que encontramos en la corteza terrestre, 5%.

Al igual que en la tierra, existen cuatro isótopos naturales: el ^{54}Fe, ^{56}Fe, ^{57}Fe y ^{58}Fe con una abundancia de 5,845%, 91,754%, 2,119% y 0,282%, respectivamente.

a) Calcula la masa atómica del hierro en uma.

Por otra parte, existen isótopos artificiales que no son estables, como por ejemplo el ^{51}Fe que sufre decaimiento β^+ y el ^{60}Fe que sufre decaimiento β^-.

b) Escribe las reacciones de decaimiento radiactivo para el ^{51}Fe y el ^{60}Fe.

c) Para el isótopo más abundante, ^{56}Fe, determina la cantidad de protones, neutrones y electrones.

Protones	
Neutrones	
Electrones	

d) El hierro en Gaia se encuentra repartido mayoritariamente entre sus dos óxidos más comunes (II y III) y sus dos sulfatos más comunes. Escribe la fórmula de los cuatro compuestos y nómbralos correctamente.

Fórmula	Nombre

Otra característica química sobresaliente de Gaia es la composición de su atmósfera, la que contiene varios ácidos. Se cree que originalmente la atmósfera gaiana estaba formada por hidrógeno gas y cloro gas. Su mayor atracción gravitatoria hace que esta mezcla gaseosa pueda considerarse en un recipiente cerrado a temperatura constante. La irradiación por luz ultravioleta provocó la formación de otro gas, el cloruro de hidrógeno.

e) Escribe la ecuación balanceada para la reacción de formación del cloruro de hidrógeno gaseoso.

La atmósfera gaiana tiene además otros componentes en menor cantidad. Uno de ellos es otro ácido, en este caso orgánico. Lo anotaremos como H_nA, donde n representa el número de protones neutralizables por mol de ácido. Para neutralizar 0,19 g de este ácido, se necesita 31,7 mL de NaOH 0,1 M. Además, Rick determinó que la masa molecular del ácido es 60 g/mol.

f) Determina el valor de n.

Los habitantes de Gaia desean intercambiar cristales rojos. Éstos corresponden a una aleación de Rb con otro elemento (A) del mismo grupo. (Una aleación es una mezcla sólida homogénea de al menos dos elementos metálicos).

g) Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas(F)

Rb y A son elementos de transición	
Rb y A son elementos alcalinos	
El color rojo de los cristales se debe a la presencia de óxido de rubidio	



Una muestra de 4,6 g de la aleación reacciona completamente con agua para dar una solución básica desprendiendo 2,241 L de hidrógeno en condiciones de presión y temperatura normales.

h) Escribe la reacción con agua para los dos componentes de la aleación.

i) Suponiendo que el elemento A es litio, determina la composición de la aleación y exprésala en porcentaje en masa.

PROBLEMA 3



Para hacer el intercambio de cristales, Rick y Morty se encuentran con los mafiosos en una planta de tratamiento de aguas, que debido a la atmósfera gaiana, resulta ser ácida. Las aguas residuales se acumulan en tanques de 5 m^3. Antes de entrar a la planta, Rick le advierte a Morty que si algo sale mal deben zambullirse a uno de los tanques, que él había adulterado previamente. De esta manera los mafiosos los darían por muertos creyendo que fueron atacados por ácido. En el falso tanque de ácido había escondido un cilindro de aire. Al momento del intercambio, los mafiosos confesaron que los cristales que traían no eran los que Rick buscaba, por lo que Rick y Morty se tiraron dentro del tanque falso y usaron el cilindro de aire para respirar.

a) Una persona respira, en promedio, un volumen de 5,5 litros de aire por minuto. El contenido de nitrógeno y oxígeno en el aire es de 79 y 21 % respectivamente. Calcula cuál es el volumen total de cada gas que respiraron Rick y Morty en 15 minutos, suponiendo que los dos respiraron la misma cantidad.

b) En condiciones normales un mol de cualquier gas ocupa un volumen de 22,4 L. Indica cuál de las siguientes opciones corresponde a lo que Rick y Morty respiraron, considerando los 15 minutos que pasaron dentro del tanque.

❑ 1,6 mol de O_2 y 5,82 mol de N_2

❑ $9{,}0 \times 10^{23}$ moléculas de O_2 y $7{,}0 \times 10^{24}$ moléculas de N_2

❑ 50 gramos de O y 200 gramos de N

❑ $1{,}9 \times 10^{24}$ átomos de O y $7{,}0 \times 10^{24}$ átomos de N

Antes de su viaje, Rick tuvo que preparar el líquido para el tanque adulterado. Hizo varios experimentos para copiar el color, de un tono verde brillante. Entre todos los ensayos, gastó 73 g de $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ y 68 g de $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, que quedaron disueltos en 90 mL de agua a temperatura ambiente. Minutos antes de partir a Gaia, dejó la solución enfriando, a 0 °C, para ver si a la vuelta podía recuperar parte de las sales.

c) Calcula la masa en gramos de cada sal encontrará Rick cuando regrese a casa.

Solubilidades a 0°C: 70,6 g/100 mL para $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ y 62,5 g/100 mL para $NiSO_4 \cdot 6H_2O$

De todos sus experimentos, Rick llegó a la conclusión de que el color más parecido se lograba disolviendo 25 g de $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ y 75 g de $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ en 100 mL de agua.

d) Calcula la concentración de Ni^{2+} en la solución, en mol/L.

e) ¿Cuánto $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ tuvo que utilizar en total (en kg) para preparar el líquido para el tanque?

f) El líquido dentro de los demás tanques de la planta de tratamiento tiene una alta concentración de ácidos clorhídrico y sulfúrico. Escribe las ecuaciones de disociación en agua de estos dos ácidos.

g) La concentración total de ácido en el líquido de los tanques vale 3,2 mol/L. Calcula el pH del líquido verde.

PROBLEMA 4



Al regresar del viaje de intercambio Rick y Morty traen consigo varias muestras recolectadas de agua de ríos gaianos, tierra gaiana y algunas especies de seres vivos del planeta Gaia.
En una de las muestras de río gaiano se observan claramente 3 fases: una líquida y dos sólidas. En la fracción sólida además se logran distinguir partículas con tamaños diferentes: unas de diámetro promedio 1 mm y otras con diámetro promedio de 10 mm. Por otra parte, Morty buscó información y encontró que a diferencia de los ríos terrestres los ríos gaianos son de agua salada.

a) Plantea una estrategia de separación para obtener las tres fases distinguibles por separado y además separar la sal disuelta en el agua de forma de poder estudiarla en profundidad.

b) Se realiza un análisis de composición elemental porcentual de las partículas de diámetro promedio 1 mm. Rick, con ayuda de Morty, confirmó que se trata de una mezcla de óxido de potasio y magnetita (mineral que contiene solamente Fe y O). A partir de los resultados de composición porcentual en masa determina la fórmula de la magnetita.

K	Fe	O
33,2	43,4	23,4

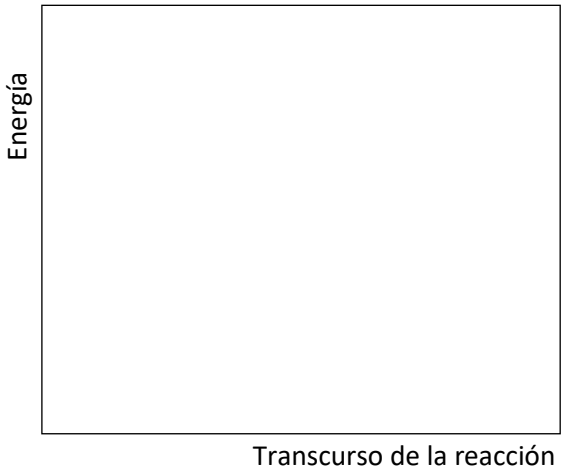
Cuando se disponen a estudiar la muestra de partículas de diámetro promedio de 10 mm Rick y Morty deciden hacer reaccionar una porción con ácido clorhídrico concentrado. La reacción libera un gas denso y blancuzco que es capaz de apagar una vela encendida, e intuyen que se trata de dióxido de carbono. Además, al tocar la superficie del recipiente donde realizaron la reacción notan que aumentó la temperatura.

c) Plantea la estructura de Lewis para el dióxido de carbono.

d) La reacción de las partículas sólidas con el ácido clorhídrico es:

❑ **endotérmico** ❑ **exotérmico**

e) Realiza un diagrama entálpico para el proceso.



Al analizar la muestra acuosa, observan que ésta presenta una mezcla de sales de aniones derivados del cloro: cloruro, hipoclorito y clorito.

f) Escribe la fórmula y determina la estructura de Lewis para los siguientes aniones

Pista: No existen enlaces oxígeno-oxígeno

i) hipoclorito	ii) clorito

g) Los cationes de las sales de la pregunta anterior son potasio y sodio. Completa la siguiente tabla relacionada a los elementos presentes en estas sales.

símbolo	$^{35}_{17}\mathrm{Cl}^{-}$		$^{39}_{19}K$	
número de protones		11		8
número de electrones				10
número de neutrones		12		8
carga		+1		
nombre				

h) La computadora de Rick y Morty ha fallado al intentar asignar los electrones de cada subcapa para los elementos estudiados en la muestra de agua. Completa en el informe de la computadora (la tabla a continuación) esta información para los átomos de Na, Cl y K. Se muestra la información del oxígeno ya ingresada por Morty como ejemplo.

Elemento	**Distribución de electrones**
O	n = 1 (2 e^-); n = 2 (6 e^-)
Na	
Cl	
K	

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1																	**18**
1 H 1.008	**2**											**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXV OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 3

Planilla de corrección

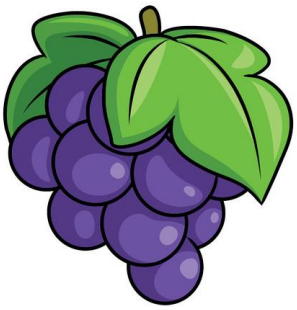
1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	1i	2a	2b	2c
2d	**2e**	**2f**	**3a**	**3b**	**3c**	**3d**	**3e**	**3f**	**4a**	**4b**	**5a**
5b	**5c**	**5d**	**5e**	**5f**				**Total/100**			

2021 AÑO INTERNACIONAL DE LAS FRUTAS Y LAS VERDURAS

El 2021 fue declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el **Año Internacional de las Frutas y las Verduras**, para promover el aumento del consumo de estos grupos de alimentos, reducir el impacto medioambiental por la producción de los mismos además de fomentar estilos de vida más saludables.

PROBLEMA 1 – EL CALDO BORDALÉS

A fines del siglo XIX, el profesor de botánica de la Universidad de Bordeaux, Alexis Millardet, se encontraba visitando los viñedos de la zona cuando le llamó la atención una serie de viñedos afectados por hongos que causaban la pérdida de las hojas, sin embargo, las filas más cercanas a la carretera tenían las hojas intactas. Al consultar con los productores le comentaron que utilizaban una mezcla de sulfato de cobre(II) y cal viva (óxido de calcio) para evitar que los transeúntes consumieran las uvas. Al volver a la universidad se contactó con su colega químico, Ulysse Gayon, con quien estudiaron el efecto de la mezcla en viñedos caseros y luego en plantaciones de mayor tamaño. Allí observaron que se erradicó la formación de moho en los viñedos tratados. Así, fue que surgió en 1885, el primer fungicida en la historia que se dio a conocer como caldo bordalés. Éste se utiliza hasta la actualidad como fungicida.



a) Teniendo en cuenta los elementos y compuestos que conforman el caldo bordalés, indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas.

El elemento calcio pertenece al grupo de los alcalinos	
El estado de oxidación del Ca en la cal viva es +2	
El CaO es un compuesto covalente	
El elemento cobre pertenece al bloque de elementos de transición *d*	
El $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ funde a baja temperatura debido a las aguas de hidratación	
La primera energía de ionización del Ca es mayor que la segunda energía de ionización	
El Cu es un elemento más electronegativo que el Ca	
Cu y Ca son elementos metálicos	

El caldo bordalés se prepara en el momento de ser aplicado y contiene sustancias de fácil acceso para el productor hortícola. Para hacerlo se mezclan 200 g de cal viva (CaO) en 10 L de agua y 200 g de sulfato de cobre(II) pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) en otros 10 L de agua. Finalmente se mezclan ambas soluciones agregando la solución de sulfato de cobre(II) sobre la que contiene calcio.

b) Determina el número de moles de cada sal empleado en la preparación de los 20 L de caldo bordalés.

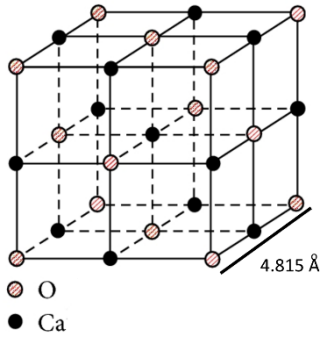
Además, la cal viva es una sustancia que puede causar daños en la piel, pues es un agente deshidratante muy efectivo.

c) Escribe e iguala la reacción que describe la reacción de la cal viva con agua. Nombra el producto formado.

d) Al disolver 200 g de cal viva en 10 L de agua el pH final de la solución será:

- menor a 7 ☐
- aproximadamente igual a 7 ☐
- mayor a 7 ☐

El óxido de calcio tiene una estructura cristalina cúbica análoga a la del NaCl, como se muestra en la figura. Su arista mide 4.815 Å.



e) Determina la densidad del CaO en g cm^{-3}.

La cal viva es un reactivo muy barato, debido a que se obtiene fácilmente por calentamiento de carbonato de calcio a temperaturas mayores a 825 °C.

f) Escribe e iguala la reacción de obtención de la cal viva incluyendo el estado de agregación de reactivos y productos.

g) Suponiendo que la reacción anterior tiene un rendimiento del 100%, determina el volumen de gas desprendido al hacer reaccionar 1500 g de carbonato de calcio a 800 °C y p = 1 atm. (Si no pudiste escribir la reacción anterior, puedes suponer que por cada mol de $CaCO_3$ se desprenden 1,5 moles de gas).

h) El $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ tiene una solubilidad a 20 °C de 20,7 g/100 mL de agua. Calcula la cantidad mínima de agua necesaria para disolver los 200 g usados en la solución de sulfato de cobre(II) para la preparación del caldo bordalés. ¿Esperas que al agregar los 10 L de agua se obtenga una solución o una suspensión?

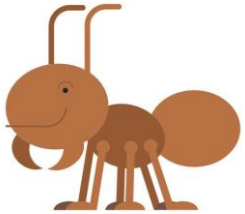
solución ❑ suspensión ❑

Una vez aplicado el caldo bordalés sobre árboles frutales, la evaporación del agua generalmente produce un sólido de color verdoso denominado carbonato básico de cobre y cuya fórmula es $Cu(OH)_2 \cdot Cu(CO_3)$. El compuesto puede ser considerado una mezcla estequiométrica de hidróxido y carbonato de cobre(II). Su formación en la superficie del árbol se puede explicar por la formación de óxido de cobre(II) a partir del sulfato de cobre(II). Luego, el CuO reacciona según:

$2CuO(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow Cu(OH)_2 \cdot Cu(CO_3)\ (s)$

i) Suponiendo que solo el 60% del cobre inicial se convierte en CuO y de éste solo el 25% se convierte en $Cu(OH)_2 \cdot Cu(CO_3)$, determina la masa de este producto verdoso por cada litro de caldo bordalés.

PROBLEMA 2 - OTROS USOS DEL SULFATO DE COBRE(II)



Las hormigas cortadoras del género Acromyrmex se caracterizan por cortar material vegetal para cultivar un hongo del cual se alimenta toda la colonia. Esta característica las convierte en una de las principales plagas agrícolas y forestales de Sudamérica.

Un remedio casero para combatir a la hormiga cortadora utilizado por horticultores en Uruguay consiste en una solución de 200 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ en 1,5 L de jugo de naranja recién exprimido. El ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) del jugo de naranja se utiliza para evitar la hidrólisis de catión cobre(II).

a) El ácido cítrico es un ácido poliprótico, sin embargo, es posible simplificar su estudio considerando únicamente la constante de disociación correspondiente a la primera disociación ácida, $K_{a,1} = 7{,}44 \times 10^{-4}$. Si 1 L de jugo de naranja contiene 3,5 g de ácido cítrico, determina la concentración total del ácido (en mol L^{-1}) y el pH esperado para el jugo de naranja.

b) Escribe e iguala la reacción de combustión completa del ácido cítrico sólido. Incluye los estados de agregación de reactivos y productos.

c) Se conoce que el $\Delta H_{combustión}$ del ácido cítrico vale -1986 kJ mol^{-1}. Determina la cantidad de calor transferida por 3,5 g de ácido cítrico durante la combustión completa a presión constante. Indica con una cruz si se trata de un proceso exotérmico o endotérmico.

exotérmico ❑ endotérmico ❑

d) El calor de vaporización del agua líquida en su punto de ebullición vale 40,66 kJ mol^{-1}. Calcula la cantidad de calor necesario para vaporizar la cantidad de agua formada en la combustión de 3,5 g de ácido cítrico. Indica si el calor desprendido por la combustión es suficiente para vaporizarla.

suficiente ❑ insuficiente ❑

e) El agua líquida tiene un calor de vaporización excepcionalmente alto para su bajo peso molecular. ¿Cuál de las siguientes opciones explica este comportamiento? Solamente una de las opciones es correcta.

El agua es un compuesto muy volátil	
Las moléculas de agua interaccionan entre sí mediante enlaces de hidrógeno	
El agua es un compuesto iónico	
El enlace O-H del agua es muy fuerte	
El agua puede disociarse en H^+ y OH^-	

El cobre es un elemento esencial para la vida, ya que está relacionado directamente a procesos bioquímicos vitales. Éste juega un papel importante en la fisiología celular debido a su incorporación en un gran número de proteínas estructurales y enzimas involucradas en la respiración celular, dismutación de radicales libres, neurotransmisión, síntesis de tejido conjuntivo, metabolismo de hierro, entre otros.

f) Escribe la configuración electrónica del cobre y el catión cobre(II). Indica los números cuánticos asociados a las subcapas 3*d* y 4*s*.

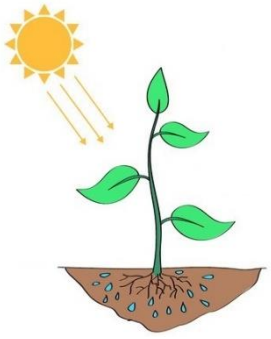
Cu:

Cu(II):

3*d*: *n* = *l* = m_l=

4*s*: *n* = *l* = m_l=

PROBLEMA 3 - LA FOTOSÍNTESIS



La fotosíntesis es un proceso químico a partir del cual las plantas son capaces de producir energía, además de sus propios alimentos. Éste ocurre en las plantas que contienen un pigmento verde llamado clorofila, capaz de absorber luz de longitud de onda adecuada para llevar a cabo procesos redox que darán como resultado la obtención de azúcares simples. Si consideramos que este azúcar puede ser la glucosa ($C_6H_{12}O_6$), la ecuación química que describe el proceso es:

$$6\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6\ (ac) + 6\ O_2\ (g)$$

a) ¿Cómo esperas que varie la entropía del sistema?

❑ disminuye ❑ no cambia ❑ aumenta

Así como las plantas, algas y cianobacterias utilizan agua como agente reductor en la fotosíntesis otros microorganismos utilizan otras sustancias. A continuación, se muestra una tabla donde se indica el agente reductor utilizado según cada microorganismo.

Organismos	Agente reductor
Plantas, algas, cianobacterias	H_2O
Bacterias sulfúricas verdes	H_2S
Bacterias sulfúricas púrpuras	HSO_3^-

b) Plantea las estructuras de Lewis para el dióxido de carbono y los agentes reductores mencionados. Determina las cargas formales de los átomos involucrados, polaridad, geometría de la molécula e hibridación del átomo central.

CO_2 Polaridad: Geometría: Hibridación:	H_2O Polaridad: Geometría: Hibridación:
H_2S Polaridad: Geometría: Hibridación:	HSO_3^- Geometría en torno al S: Hibridación del S:

En varios cultivos, un problema serio es la deficiencia de hierro en los suelos. El cambio de color de verde a amarillo en las hojas es un indicador común de esta problemática. La clorosis de hierro es causada por la deficiencia de este elemento en la planta. Para compensar dicha deficiencia, se puede fertilizar el suelo mediante el agregado de una cantidad apropiada de sulfato de hierro(II) heptahidratado.

c) Escribe la fórmula química del sulfato de hierro(II) heptahidratado.

Se desea tratar un cultivo afectado por clorosis de hierro utilizando un producto disponible comercialmente que contiene sulfato de hierro(II). Para determinar la cantidad de mezcla a utilizar se envía una muestra a un laboratorio analítico para la determinación de hierro(II). El informe del laboratorio de análisis indica que se utilizó una valoración redox denominada permanganimetría. En esta se utiliza una solución de permanganato de potasio como valorante. Además, el anión permanganato (violeta) puede actuar como autoindicador, ya que al reaccionar con el hierro(II) se reduciría a manganeso(II) incoloro, por lo tanto, el punto final de la valoración será cuando el color violeta persista por lo menos 20 segundos.

d) Escribe la fórmula química del permanganato de potasio y calcula su peso fórmula.

e) Escribe las semi reacciones de reducción y oxidación y la ecuación iónica total en el experimento de la permanganimetría considerando que la reacción se lleva a cabo en medio ácido sulfúrico. Incluye los estados de agregación de las especies involucradas. Indica agente oxidante y reductor.

Agente oxidante: Agente reductor:

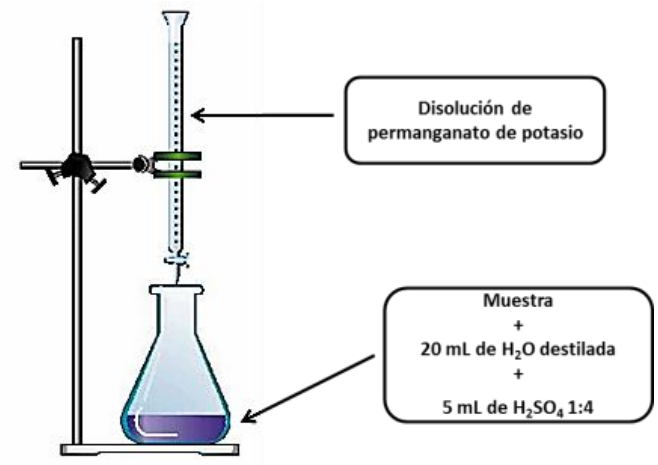
Los potenciales de reducción estándar de las especies involucradas en la permanganimetría son:

$E^o\ MnO_4^-/Mn^{2+} = +\ 1{,}51\ V$

$E^o\ Fe^{3+}/Fe^{2+} = +0{,}77\ V$

f) Determina el potencial y energía libre de la reacción en condiciones estándar.

Para la determinación, se utiliza una disolución de permanganato de potasio 0,02044 mol/L. La muestra sólida se coloca en un matraz Erlenmeyer, se agregan 20 mL de agua destilada y 5 mL de disolución de H_2SO_4 1:4 V:V; el valorante se coloca en la bureta. El esquema analítico es el siguiente:



Se registran los siguientes datos experimentales:

Masa de muestra (g)	Gasto de permanganato de potasio (mL)
0,2347	8,00
0,2338	7,95
0,2352	8,05

g) Calcula el contenido de hierro en la muestra sólida en función de los resultados experimentales de la tabla. Expresa la cantidad de hierro en la muestra como g $FeSO_4$/100 g de muestra. El contenido en hierro será el promedio de los 3 valores obtenidos. Debido a que se trata de una determinación analítica deberás informar tu resultado con cuatro cifras significativas.

Contenido de hierro en la muestra: g $FeSO_4$/100g de muestra

PROBLEMA 4 - LA QUÍMICA ORGÁNICA DE LAS FRUTAS

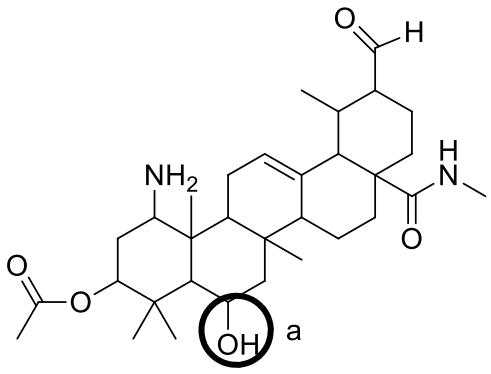
La manzana es el fruto comestible de la especie Malus domestica, originaria de Asia central. Tiene un significado religioso y mitológico en muchas culturas, incluyendo la tradición nórdica, griega y cristiana europea. Es una de las frutas más cultivadas del mundo, siendo China el principal productor.



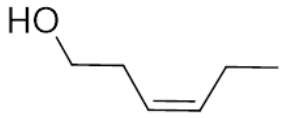
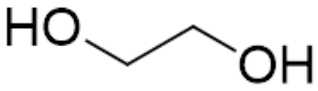
Los manzanos son autoincompatibles lo que significa que se debe recurrir a la polinización cruzada para la producción de las frutas. Los polinizadores son los encargados de transportar el polen entre flores de diferentes árboles. Estos polinizadores son capaces de detectar a distancia los compuestos químicas volátiles emitidos por las flores y, de esta manera, ubicarlas.

a) El ácido ursólico, es un compuesto químico que se encuentra en la cascara de las manzanas y presenta actividades antiinflamatorias y antidiabéticas, entre otras. A continuación, se presenta un derivado del ácido ursólico. Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

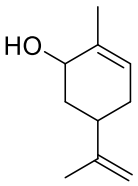
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino
h- Amida
i- Amina



b) Los siguientes compuestos químicos volátiles se encuentran en las flores de manzana y son reconocidos por los polinizadores, responda a continuación:
   i. Indica el nombre IUPAC de los compuestos **A** y **B** y dibuja la estructura de los compuestos **C** y **D**.

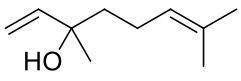
Compuesto **A**		
Compuesto **B**		
Compuesto **C**		2-metilpentanal
Compuesto **D**		Etanoato de 2-metilbutilo

ii. Indica dos isómeros de posición del derivado del limoneno (**C**).

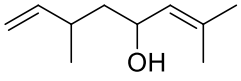


C

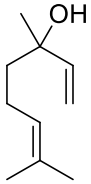
iii. Indica la relación entre **D** con **E** y luego **D** con **F**.



D



E



F

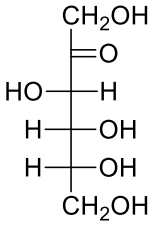
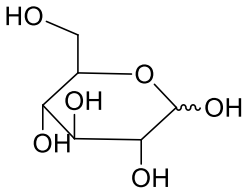
D y E:	D y F:

PROBLEMA 5 - LOS COMPONENTES DE LAS FRUTAS



La manzana cruda es 86% agua y 14% carbohidratos, con un contenido insignificante de grasas y proteínas. Entre los componentes principales se encuentran: pectinas, que actúan como fibra soluble; aminoácidos como cisteína que elimina toxinas del hígado, glicina que es un antiácido natural y ayuda al sistema inmune, histidina, isoleucina, lisina, entre otros; ácidos linoleico, málico y palmítico; azúcares como fructosa, glucosa y sacarosa entre otros.

a) Escriba la estructura de la D-fructosa en forma Haworth (cíclica) y de la D-glucosa en forma Fischer.

Fructosa		Glucosa	
Fischer	Haworth	Fischer	Haworth
			

b) Dibuje la estructura en forma Haworth de la sacarosa sabiendo que su nombre es α-D-glucopiranosil-(1→2)-β- D D-fructofuranósido.

c) Responde las siguientes preguntas señalando la opción correcta.

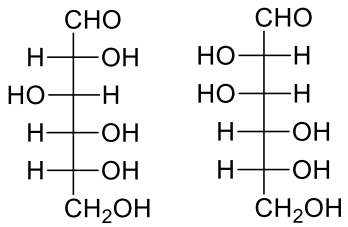
i. ¿Cuál/cuáles de los siguientes carbohidratos arrojan resultado negativo al reactivo de Fehling? Tenga en cuenta que la maltosa es un disacárido de glucosas unidas por enlace 1,4, mientras que la lactosa es un disacárido de galactosa y glucosa unidas por enlace 1,4.

- ☐ Maltosa
- ☐ Sacarosa
- ☐ Lactosa

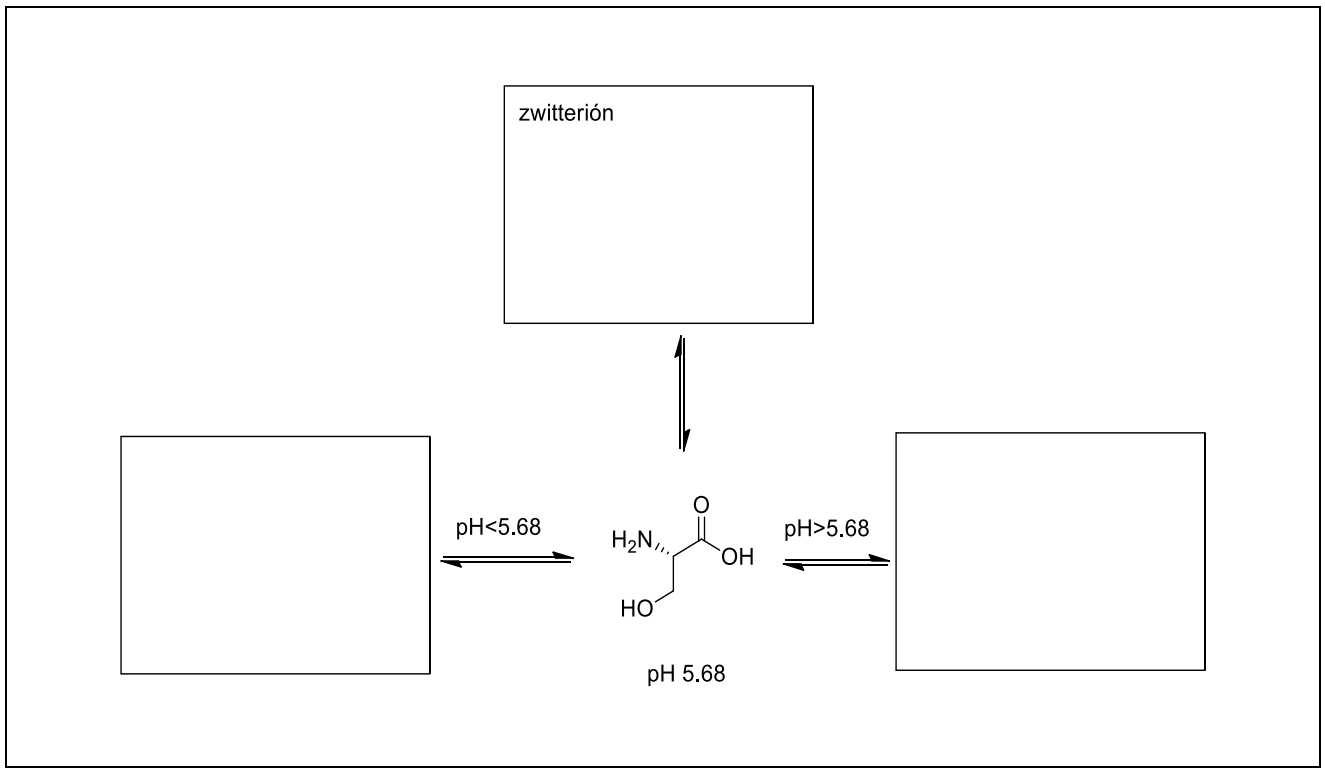
ii. Desde el punto de vista de su estructura, la fructosa es una:

- ☐ Aldohexosa
- ☐ Cetohexosa
- ☐ Aldopentosa
- ☐ Cetopentosa

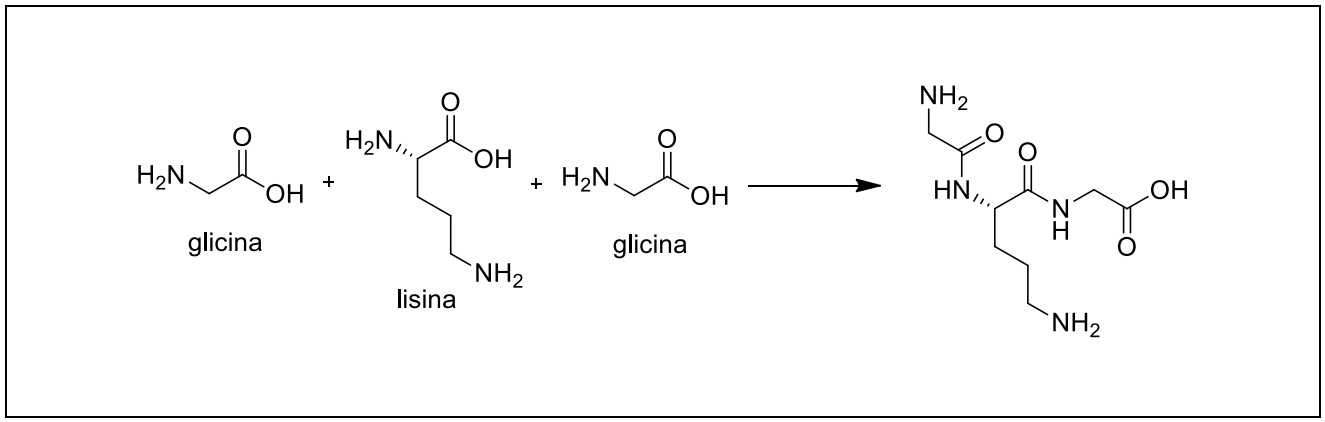
d) ¿Cuál es la relación entre los siguientes monosacáridos?



e) Sabiendo que el punto isoeléctrico de la serina es 5.68, dibuje todos los equilibrios ácido base que ocurren a diferentes pH.



f) En el siguiente esquema se presenta la formación del tripéptido glicina-lisina-glicina. Indica con un círculo los enlaces peptídicos.



DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c, V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1												13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2																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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXV OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 2

Planilla de corrección

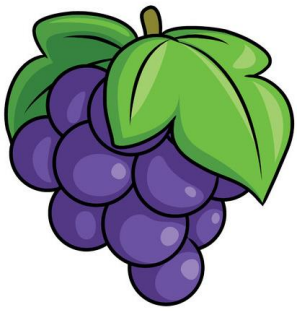
1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	1i	2a	2b	2c
2d	**2e**	**2f**	**2g**	**3a**	**3b**	**3c**	**3d**	**3e**	**3f**	**4a**	**4b**
4c	**4d**	**5a**	**5b**					**Total/100**			

2021 AÑO INTERNACIONAL DE LAS FRUTAS Y LAS VERDURAS

El 2021 fue declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el **Año Internacional de las Frutas y las Verduras**, para promover el aumento del consumo de estos grupos de alimentos, reducir el impacto medioambiental por la producción de los mismos además de fomentar estilos de vida más saludables.

PROBLEMA 1 – EL CALDO BORDALÉS

A fines del siglo XIX, el profesor de botánica de la Universidad de Bordeaux, Alexis Millardet, se encontraba visitando los viñedos de la zona cuando le llamó la atención una serie de viñedos afectados por hongos que causaban la pérdida de las hojas, sin embargo, las filas más cercanas a la carretera tenían las hojas intactas. Al consultar con los productores le comentaron que utilizaban una mezcla de sulfato de cobre(II) y cal viva (óxido de calcio) para evitar que los transeúntes consumieran las uvas. Al volver a la universidad se contactó con su colega químico, Ulysse Gayon, con quien estudiaron el efecto de la mezcla en viñedos caseros y luego en plantaciones de mayor tamaño. Allí observaron que se erradicó la formación de moho en los viñedos tratados. Así, fue que surgió en 1885, el primer fungicida en la historia que se dio a conocer como caldo bordalés. Éste se utiliza hasta la actualidad como fungicida.



a) Teniendo en cuenta los elementos y compuestos que conforman el caldo bordalés, indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas.

El elemento calcio pertenece al grupo de los alcalinos	
El estado de oxidación del Ca en la cal viva es +2	
El CaO es un compuesto covalente	
El elemento cobre pertenece al bloque de elementos de transición *d*	
El $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ funde a baja temperatura debido a las aguas de hidratación	
La primera energía de ionización del Ca es mayor que la segunda energía de ionización	
El Cu es un elemento más electronegativo que el Ca	
Cu y Ca son elementos metálicos	

El caldo bordalés se prepara en el momento de ser aplicado y contiene sustancias de fácil acceso para el productor hortícola. Para hacerlo se mezclan 200 g de cal viva (CaO) en 10 L de agua y 200 g de sulfato de cobre(II) pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) en otros 10 L de agua. Finalmente se mezclan ambas soluciones agregando la solución de sulfato de cobre(II) sobre la que contiene calcio.

b) Determina el número de moles de cada sal empleado en la preparación de los 20 L de caldo bordalés.

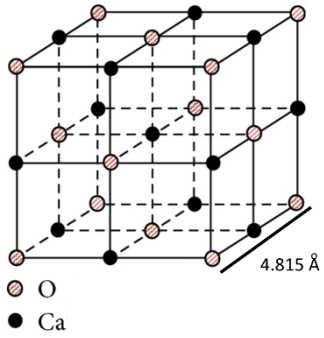
Además, la cal viva es una sustancia que puede causar daños en la piel, pues es un agente deshidratante muy efectivo.

c) Escribe e iguala la reacción que describe la reacción de la cal viva con agua. Nombra el producto formado.

d) Al disolver 200 g de cal viva en 10 L de agua el pH final de la solución será:

menor a 7	
aproximadamente igual a 7	
mayor a 7	

El óxido de calcio tiene una estructura cristalina cúbica análoga a la del NaCl, como se muestra en la figura. Su arista mide 4.815 Å.



e) Determina la densidad del CaO en g cm^{-3}.

La cal viva es un reactivo muy barato, debido a que se obtiene fácilmente por calentamiento de carbonato de calcio a temperaturas mayores a 825 °C.

f) Escribe e iguala la reacción de obtención de la cal viva incluyendo el estado de agregación de reactivos y productos.

g) Suponiendo que la reacción anterior tiene un rendimiento del 100%, determina el volumen de gas desprendido al hacer reaccionar 1500 g de carbonato de calcio a 800 °C y p = 1 atm. (Si no pudiste escribir la reacción anterior, puedes suponer que por cada mol de $CaCO_3$ se desprenden 1,5 moles de gas).

h) El $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ tiene una solubilidad a 20 °C de 20,7 g/100 mL de agua. Calcula la cantidad mínima de agua necesaria para disolver los 200 g usados en la solución de sulfato de cobre(II) para la preparación del caldo bordalés. ¿Esperas que al agregar los 10 L de agua se obtenga una solución o una suspensión?

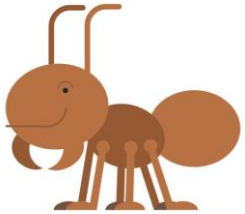
solución ❑ suspensión ❑

Una vez aplicado el caldo bordalés sobre árboles frutales, la evaporación del agua generalmente produce un sólido de color verdoso denominado carbonato básico de cobre y cuya fórmula es $Cu(OH)_2 \cdot Cu(CO_3)$. El compuesto puede ser considerado una mezcla estequiométrica de hidróxido y carbonato de cobre(II). Su formación en la superficie del árbol se puede explicar por la formación de óxido de cobre(II) a partir del sulfato de cobre(II). Luego, el CuO reacciona según:

$2CuO(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow Cu(OH)_2 \cdot Cu(CO_3)\ (s)$

i) Suponiendo que solo el 60% del cobre inicial se convierte en CuO y de éste solo el 25% se convierte en $Cu(OH)_2 \cdot Cu(CO_3)$, determina la masa de este producto verdoso por cada litro de caldo bordalés.

PROBLEMA 2 - OTROS USOS DEL SULFATO DE COBRE(II)



Las hormigas cortadoras del género Acromyrmex se caracterizan por cortar material vegetal para cultivar un hongo del cual se alimenta toda la colonia. Esta característica las convierte en una de las principales plagas agrícolas y forestales de Sudamérica.

Un remedio casero para combatir a la hormiga cortadora utilizado por horticultores en Uruguay consiste en una solución de 200 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ en 1,5 L de jugo de naranja recién exprimido. El ácido cítrico del jugo de naranja se utiliza para evitar la hidrólisis de catión cobre(II).

a) El ácido cítrico puede ser estudiado como si fuera un ácido monoprótico cuya constante de disociación correspondiente a la primera disociación ácida, $K_a = 7{,}44 \times 10^{-4}$. Si 1 L de jugo de naranja contiene 3,5 g de ácido cítrico, determina la concentración total del ácido (en mol/L) y el pH esperado para el jugo de naranja. El peso molecular del ácido cítrico es 192,12.

Se desea determinar la fórmula mínima del ácido cítrico, para ello se realiza la reacción de combustión completa de un mol de ácido según la reacción general sin igualar:

$C_xH_yO_z(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$ R = 100 %

Al hacer reaccionar 3,5 g de ácido cítrico (PM = 192,12) a 298 K se obtiene: 2,67 L de dióxido de carbono y 1,31 g de agua.

b) Determina la fórmula mínima del ácido cítrico.

Fórmula del ácido cítrico:

c) Las moléculas de agua en el líquido presentan una energía intermolecular excepcionalmente alto para su bajo peso molecular. ¿Cuál de las siguientes opciones explica este comportamiento? Solamente una de las opciones es correcta.

El agua es un compuesto muy volátil	
Las moléculas de agua interaccionan entre sí mediante enlaces de hidrógeno	
El agua es un compuesto iónico	
El enlace O-H del agua es muy fuerte	
El agua puede disociarse en H^+ y OH^-	

El zinc es un elemento esencial para la vida, ya que está relacionado directamente a procesos bioquímicos vitales. Éste juega un papel importante en la fisiología celular debido a su incorporación en un gran número de proteínas estructurales y enzimas involucradas en mecanismos de regulación ácido base, entre otros.

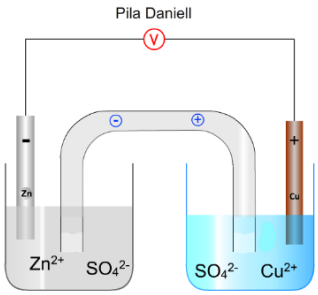
d) Escribe la configuración electrónica del zinc y el catión zinc(II). ¿Cuántos electrones de valencia tiene el Zn?

Zn:

____ electrones de valencia

Zn(II):

Por otra parte, se puede utilizar un trozo de zinc metálico sumergido en una solución de sulfato de zinc para crear un electrodo en una pila. Este es el caso de la celda o pila de Daniell que se muestra en la figura. En ésta, un electrodo de cobre en una solución 1 mol/L de $CuSO_4$ (cátodo) se conecta, a través puente salino conteniendo KNO_3, a un electrodo de zinc en una solución 1 mol/L de $ZnSO_4$ (ánodo). El circuito se cierra conectando un alambre conductor entre ambos electrodos. El potencial generado por esta pila en condiciones estándar es de +1,10 V.



e) Escribe e iguala las reacciones anódica, catódica y global para el proceso.

f) Sabiendo que $E^0(Zn^{2+}/Zn)$ = -0,76 V, determina el potencial de reducción estándar para el Cu^{2+}.

g) Al agregar ácido cítrico a la semicelda catódica se observa una disminución del catión cobre(II) disponible por precipitación de un producto sólido. Determina el potencial de la semicelda si la concentración de Cu^{2+} en solución es 0,00138 mol/L. En caso de no haber podido resolver el ejercicio anterior puedes utilizar $E^0(Cu^{2+}/Cu)$ = 0,26 V.

PROBLEMA 3 - LAS SANDÍAS

Las sandías son una fruta y una verdura, ya que pertenece a la familia Curcurbitaceae, a la que pertenecen el pepino y la calabaza. Si bien el origen es incierto, se dice que se origina en África, ya que prefiere crecer en zonas cálidas. Los egipcios fueron la primera civilización que registra haber producido sandías a gran escala, usándolas principalmente como fuentes de agua durante los períodos de sequía. Todas las partes de la sandía son comestibles (cáscaras, semillas y pulpa) tratándose de un alimento muy nutritivo.



La siguiente tabla muestra el contenido de minerales en la sandía (una porción corresponde a 300 g de fruta).

MINERALES	CONTENIDO (mg/porción)
Sodio	6,2
Calcio	10,9
Magnesio	17,2
Zinc	0,2
Potasio	187
Fósforo	8,6
Hierro	0,5

a) Indica el número de protones, neutrones y electrones de cada una de las siguientes especies:

Especie	protones	neutrones	electrones
fósforo-31			
$^{67}Zn^{2+}$			
$^{54}Fe^{3+}$			

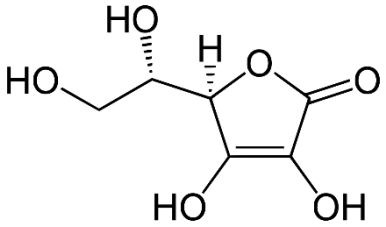
b) Indica los cuatro números cuánticos de los electrones del nivel de valencia del fósforo.

n	l	m_l	m_s

c) Formula las siguientes sales de algunos metales presentes en las sandías.

fosfato de sodio		**hidróxido de zinc**	
nitrato de hierro(II)		**perclorato de magnesio**	
tribromuro de hierro		**ioduro de potasio**	

En lo que respecta a otros nutrientes, las sandías contienen vitaminas en bajas concentraciones. Por ejemplo, en una porción de esta fruta se encuentran 7,8 mg de vitamina C, ácido ascórbico, cuya estructura química se muestra a continuación:



En esta especie, los grupos -OH unidos al doble enlace son ácidos, con valores de pK_a de 4,17 y 11,6.

d) El peso fórmula del ácido ascórbico vale 176,12 y su solubilidad en agua es de 330 mg/mL a 25 °C. Determina la concentración molar de una solución saturada de ácido ascórbico a esa temperatura.

e) Indica en cuál de los siguientes medios esperas que la vitamina C sea más soluble.

❒ Solución de ácido acético al 10%

❒ Solución de ácido clorhídrico al 10%

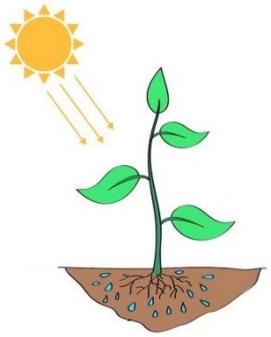
❒ Solución de NaOH 0,05 mol/L

❒ Benceno

❒ Aceite

f) Se desea neutralizar los dos protones ácidos de la vitamina C utilizando una base fuerte. En el laboratorio se dispone de una solución acuosa de NaOH, con una concentración de 1,045 % y densidad 1,010 g/mL. ¿Cuál es el volumen mínimo, en mililitros, de dicha solución que serán necesarios para neutralizar completamente 420 mg de vitamina C?

PROBLEMA 4 - LA FOTOSÍNTESIS



La fotosíntesis es un proceso químico a partir del cual las plantas son capaces de producir energía, además de sus propios alimentos. Éste ocurre en las plantas que contienen un pigmento verde llamado clorofila, capaz de absorber luz de longitud de onda adecuada para llevar a cabo procesos redox que darán como resultado la obtención de azúcares simples. Si consideramos que este azúcar puede ser la glucosa ($C_6H_{12}O_6$), la ecuación química que describe el proceso es:

$$6\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6\ (ac) + 6\ O_2\ (g)$$

Así como las plantas, algas y cianobacterias utilizan agua como agente reductor en la fotosíntesis otros microorganismos utilizan otras sustancias. A continuación, se muestra una tabla donde se indica el agente reductor utilizado según cada microorganismo.

Organismos	Agente reductor
Plantas, algas, cianobacterias	H_2O
Bacterias sulfúricas verdes	H_2S
Bacterias sulfúricas púrpuras	HSO_3^-

a) Plantea las estructuras de Lewis para el dióxido de carbono y los agentes reductores mencionados. Determina las cargas formales de los átomos involucrados, polaridad, geometría de la molécula e hibridación del átomo central.

CO_2 Polaridad: Geometría: Hibridación:	H_2O Polaridad: Geometría: Hibridación:
H_2S Polaridad: Geometría: Hibridación:	HSO_3^- Geometría en torno al S: Hibridación del S:

En varios cultivos, un problema serio es la deficiencia de hierro en los suelos. El cambio de color de verde a amarillo en las hojas es un indicador común de esta problemática. La clorosis de hierro es causada por la deficiencia de este elemento en la planta. Para compensar dicha deficiencia, se puede fertilizar el suelo mediante el agregado de una cantidad apropiada de sulfato de hierro(II) heptahidratado.

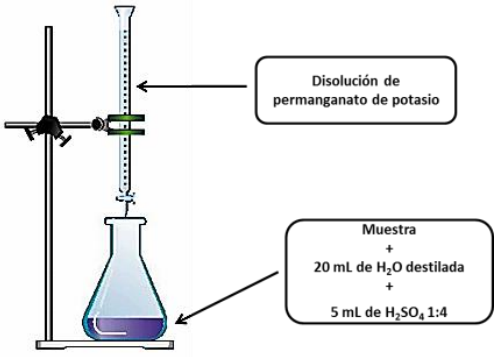
b) Escribe la fórmula química del sulfato de hierro(II) heptahidratado.

Se desea tratar un cultivo afectado por clorosis de hierro utilizando un producto disponible comercialmente que contiene sulfato de hierro(II). Para determinar la cantidad de mezcla a utilizar se utilizó una valoración redox denominada permanganimetría. Se utiliza permanganato de potasio como valorante, que además debido al color violeta del anión puede actuar como autoindicador, ya que al reaccionar con el hierro(II) se reduciría a manganeso(II) incoloro. Por lo tanto, el punto final de la valoración será cuando el color violeta persista por lo menos 20 segundos.

c) Escribe las semi reacciones de reducción y oxidación y la ecuación iónica total en el experimento de la permanganimetría considerando que la reacción se lleva a cabo en medio ácido sulfúrico. Incluye los estados de agregación de las especies involucradas. Indica agente oxidante y reductor.

Agente oxidante: Agente reductor:

Para la determinación, se utiliza una disolución de permanganato de potasio 0,02044 mol/L. La muestra sólida se coloca en un matraz Erlenmeyer, se agregan 20 mL de agua destilada y 5 mL de disolución de H_2SO_4 1:4 V:V; el valorante se coloca en la bureta. El esquema analítico se muestra en la figura. Se hace reaccionar 0,2347 g de una muestra de la mezcla comercial, observándose que reacciona cuantitativamente (R = 100%) con 8,00 mL de la solución de permanganato de potasio.



d) Calcula el contenido de hierro en la muestra sólida, expresando el resultado como g $FeSO_4$/100 g de muestra con dos cifras significativas.

Contenido de Fe en la muestra: g $FeSO_4$/100 g de muestra

PROBLEMA 5 - LA QUÍMICA ORGÁNICA DE LAS FRUTAS

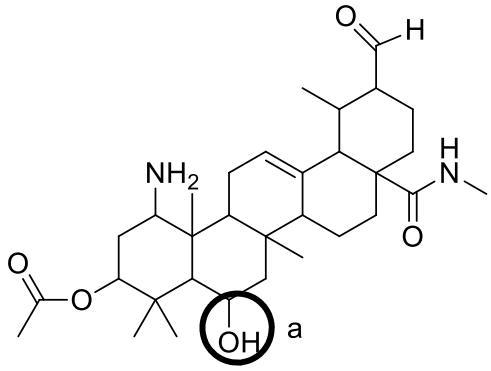


La manzana es el fruto comestible de la especie Malus domestica, originaria de Asia central. Tiene un significado religioso y mitológico en muchas culturas, incluyendo la tradición nórdica, griega y cristiana europea. Es una de las frutas más cultivadas del mundo, siendo China el principal productor.

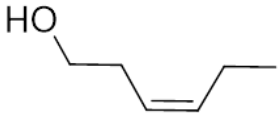
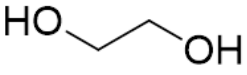
Los manzanos son autoincompatibles lo que significa que se debe recurrir a la polinización cruzada para la producción de las frutas. Los polinizadores son los encargados de transportar el polen entre flores de diferentes árboles. Estos polinizadores son capaces de detectar a distancia los compuestos químicas volátiles emitidos por las flores y, de esta manera, ubicarlas.

a) El ácido ursólico, es un compuesto químico que se encuentra en la cascara de las manzanas y presenta actividades antiinflamatorias y antidiabéticas, entre otras. A continuación, se presenta un derivado del ácido ursólico. Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

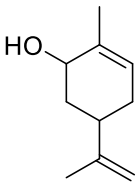
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino
h- Amida
i- Amina



b) Los siguientes compuestos químicos volátiles se encuentran en las flores de manzana y son reconocidos por los polinizadores, responda a continuación:
   i. Indica el nombre IUPAC de los compuestos **A** y **B** y dibuja la estructura de los compuestos **C** y **D**.

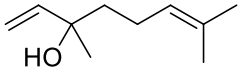
Compuesto **A**		
Compuesto **B**		
Compuesto **C**		2-metilpentanal
Compuesto **D**		Etanoato de 2-metilbutilo

ii. Indica dos isómeros de posición del derivado del limoneno (**C**).

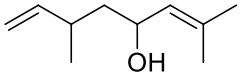


C

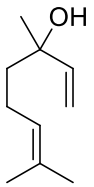
iii. Indica la relación entre **D** con **E** y luego **D** con **F**.



D



E



F

D y **E**:	**D** y **F**:

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c, V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1																	**18**
1 H 1.008	**2**											**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXV OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 1

Planilla de corrección

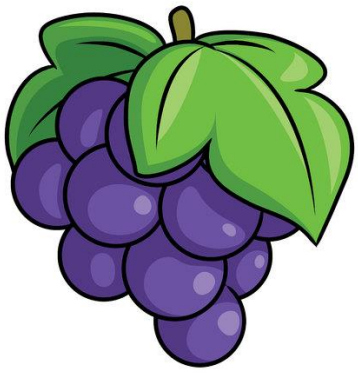
1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	1i	2a	2b	2c
2d	**2e**	**2f**	**2g**	**2h**	**3a**	**3a**	**3b**	**3c**	**3d**	**3e**	**3f**
3g	**3h**	**4a**	**4b**					**Total/100**			

2021 AÑO INTERNACIONAL DE LAS FRUTAS Y LAS VERDURAS

El 2021 fue declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el **Año Internacional de las Frutas y las Verduras**, para promover el aumento del consumo de estos grupos de alimentos, reducir el impacto medioambiental por la producción de los mismos además de fomentar estilos de vida más saludables.

PROBLEMA 1 – EL CALDO BORDALÉS

A fines del siglo XIX, el profesor de botánica de la Universidad de Bordeaux, Alexis Millardet, se encontraba visitando los viñedos de la zona cuando le llamó la atención una serie de viñedos afectados por hongos que causaban la pérdida de las hojas, sin embargo, las filas más cercanas a la carretera tenían las hojas intactas. Al consultar con los productores le comentaron que utilizaban una mezcla de sulfato de cobre(II) y cal viva (óxido de calcio) para evitar que los transeúntes consumieran las uvas. Al volver a la universidad se contactó con su colega químico, Ulysse Gayon, con quien estudiaron el efecto de la mezcla en viñedos caseros y luego en plantaciones de mayor tamaño. Allí observaron que se erradicó la formación de moho en los viñedos tratados. Así, fue que surgió en 1885, el primer fungicida en la historia que se dio a conocer como caldo bordalés. Éste se utiliza hasta la actualidad como fungicida.



a) Teniendo en cuenta los elementos y compuestos que conforman el caldo bordalés, indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas.

El elemento calcio pertenece al grupo de los alcalinos	
El estado de oxidación del Ca en la cal viva es +2	
El CaO es un compuesto covalente	
El elemento cobre pertenece al bloque de elementos de transición *d*	

El caldo bordalés se prepara en el momento de ser aplicado y contiene sustancias de fácil acceso para el productor hortícola. Para hacerlo se mezclan 200 g de cal viva (CaO) en 10 L de agua y 200 g de sulfato de cobre(II) pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) en otros 10 L de agua. Finalmente se mezclan ambas soluciones agregando la solución de sulfato de cobre(II) sobre la que contiene calcio.

b) Determina el número de moles de cada sal empleado en la preparación de los 20 L de caldo bordalés.

La cal viva es una sustancia que puede causar daños en la piel, pues es un agente deshidratante muy efectivo.

c) Escribe e iguala la reacción que describe la reacción de la cal viva con agua. Nombra el producto formado.

d) Al disolver 200 g de cal viva en 10 L de agua el pH final de la solución será:

menor a 7	☐
aproximadamente igual a 7	☐
mayor a 7	☐

Además, la cal viva es un reactivo muy barato, debido a que se obtiene fácilmente por calentamiento de carbonato de calcio a temperaturas mayores a 825 °C.

e) Escribe e iguala la reacción de obtención de la cal viva incluyendo el estado de agregación de reactivos y productos.

f) Suponiendo que la reacción anterior tiene un rendimiento del 90%, determina los moles de gas desprendidos al hacer reaccionar 1500 g de carbonato de calcio a 800 °C y p = 1 atm. (Si no pudiste escribir la reacción anterior, puedes suponer que por cada mol de $CaCO_3$ se desprenden 1,5 moles de gas).

g) El $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ tiene una solubilidad a 20 °C de 20,7 g/100 mL de agua. Calcula la cantidad mínima de agua necesaria para disolver los 200 g usados en el caldo bordalés. ¿Esperas que al agregar los 10 L de agua se obtenga una solución o una suspensión?

solución ❑ suspensión ❑

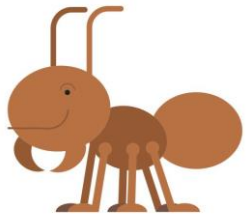
h) Calcula la concentración molar de sulfato de cobre(II) en el caldo bordalés luego de haberlo mezclado con los 10 L de cal viva disuelta en agua.

Una vez aplicado el caldo bordalés sobre árboles frutales, la evaporación del agua generalmente produce un sólido de color verdoso denominado carbonato básico de cobre y cuya fórmula es $Cu(OH)_2{\cdot}Cu(CO_3)$. El compuesto puede ser considerado una mezcla estequiométrica de hidróxido y carbonato de cobre(II). Su formación en la superficie del árbol se puede explicar por la formación de óxido de cobre(II) a partir del sulfato de cobre(II). Luego, el CuO reacciona según:

$2CuO(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow Cu(OH)_2{\cdot}Cu(CO_3)\ (s)$

i) Suponiendo que solo el 100% del cobre inicial se convierte en CuO y de éste solo el 50% se convierte en $Cu(OH)_2{\cdot}Cu(CO_3)$, determina la masa de este producto verdoso por cada litro de caldo bordalés.

PROBLEMA 2 - OTROS USOS DEL SULFATO DE COBRE(II)



Las hormigas cortadoras del género Acromyrmex se caracterizan por cortar material vegetal para cultivar un hongo del cual se alimenta toda la colonia. Esta característica las convierte en una de las principales plagas agrícolas y forestales de Sudamérica.

Un remedio casero para combatir a la hormiga cortadora utilizado por horticultores en Uruguay consiste en una solución de 200 g de $CuSO_4{\cdot}5H_2O$ en 1,5 L de jugo de naranja recién exprimido. El ácido cítrico del jugo de naranja se utiliza para evitar la hidrólisis de catión cobre(II).

a) El contenido de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) en 1,5 L de jugo de naranja es de 3,5 g. Calcula la concentración de ácido cítrico en g/L en el jugo de naranja.

b) Completa los espacios en blanco con el procedimiento de separación más apropiado.

Se desea separar el ácido cítrico del jugo. Para ello se colocan 10 L de jugo de naranja en un matraz. Se separa la pulpa mediante _____. La fracción líquida se hace reaccionar con aproximadamente 100 g de hidróxido de calcio para formar citrato de calcio que precipita como un sólido blanco que se acumula en el fondo del matraz. El sólido blanco se separa por _____.

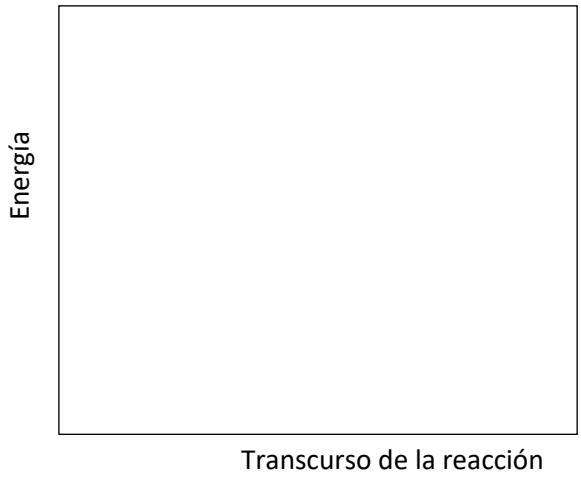
c) Considerando que el ácido cítrico es un ácido diprótico, escribe la ecuación química de obtención de citrato de calcio descrita. Incluye los estados de agregación.

d) Si se realiza el procedimiento sobre 10 L del jugo de naranja de la parte a, determina la masa mínima de hidróxido de calcio necesaria para la reacción. Si no pudiste igualar la reacción puedes considerar que 2 moles de hidróxido de calcio reaccionan con 1 mol de ácido cítrico.

Se desea determinar la cantidad exacta de citrato de calcio que precipitó, para ello se realiza la reacción de combustión completa del sólido blanco separado.

e) Escribe e iguala la reacción de combustión completa del ácido cítrico sólido. Incluye los estados de agregación de reactivos y productos.

f) Realiza un diagrama entálpico para el proceso de combustión.



La combustión se llevó a cabo en las siguientes condiciones:

- masa de sólido blanco: 28 g
- exceso de oxidante
- volumen de agua recogido: 9,4 mL (d = 1 g/mL)

g) Calcula la masa de ácido cítrico presente en la muestra a partir del volumen de agua recogido. Si no pudiste plantear la ecuación de la combustión puedes considerar que 1 mol de ácido cítrico forma 6 moles de agua. ¿Qué porcentaje del sólido recogido es ácido cítrico?

%$C_6H_8O_7$:_____

h) Plantea las estructuras de Lewis para el dióxido de carbono y el agua. El átomo central se indica subrayado.

$\underline{C}O_2$	$H_2\underline{O}$

PROBLEMA 3 - LAS SANDÍAS



Las sandías son una fruta y una verdura, ya que pertenece a la familia Curcurbitaceae, a la que pertenecen el pepino y la calabaza. Si bien el origen es incierto, se dice que se origina en África, ya que prefiere crecer en zonas cálidas. Los egipcios fueron la primera civilización que registra haber producido sandías a gran escala, usándolas principalmente como fuentes de agua durante los períodos de sequía. Todas las partes de la sandía son comestibles (cáscaras, semillas y pulpa) tratándose de un alimento muy nutritivo.

La siguiente tabla muestra el contenido de minerales en la sandía (una porción corresponde a 300 g de fruta).

MINERALES	CONTENIDO (mg/porción)
Sodio	6,2
Calcio	10,9
Magnesio	17,2
Zinc	0,2
Potasio	187
Fósforo	8,6
Hierro	0,5

a) Indica el número de protones, neutrones y electrones de cada una de las siguientes especies:

Especie	protones	neutrones	electrones
fósforo-31			
$^{67}Zn^{2+}$			
$^{54}Fe^{3+}$			

b) Completa las siguientes ecuaciones de decaimiento radiactivo.

$^{35}Ca \rightarrow \beta^{+}$ + _____

$^{45}Ca \rightarrow \beta^{-}$ + _____

$^{28}P \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha$ + _____

c) ¿Qué es una partícula alfa?

❒ un electrón ❒ un núcleo de hidrógeno ❒ un núcleo de helio ❒ un fotón

d) Formula y nombra según corresponda las siguientes sales de algunos metales presentes en las sandías.

fosfato de sodio		hidróxido de zinc	
nitrato de hierro(II)			$Mg(ClO_4)_2$
	$CaBr_2$	ioduro de potasio	
sulfato de hierro(III)			P_2O_5

En lo que respecta a otros nutrientes, las sandías contienen vitaminas, en bajas concentraciones. Por ejemplo, en una porción de esta fruta se encuentran 7,8 mg de vitamina C (ácido ascórbico, de fórmula $C_6H_8O_6$).

e) Calcula el peso molecular de la vitamina C

f) Indica cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:

En 7,8 mg de vitamina C hay:

❒ $3,5 \times 10^{-4}$ mol de hidrógeno

❒ $2,7 \times 10^{19}$ moléculas de vitamina C

❒ $2,7 \times 10^{-4}$ mol de vitamina C

❒ $1,6 \times 10^{20}$ átomos de hidrógeno

❒ $4,4 \times 10^{-5}$ mol de oxígeno

❒ $1,6 \times 10^{20}$ átomos de carbono

Para determinar experimentalmente la solubilidad de la vitamina C en agua, se realiza un experimento en el que se coloca una muestra de 10 g de vitamina C en un vaso de bohemia y se agrega 20 mL de agua destilada. La mezcla se agita continuamente durante 15 minutos a temperatura ambiente. Luego, se separa el sobrenadante y el residuo sólido se seca en una estufa. La masa de ese sólido es de 4,21 g.

g) El sobrenadante es en realidad una solución de vitamina C que se encuentra:

❒ saturada ❒ no saturada ❒ sobresaturada

h) Calcula la solubilidad de la vitamina C en agua a temperatura ambiente, en gramos cada 100 mL de agua.

PROBLEMA 4 - LA QUÍMICA ORGÁNICA DE LAS FRUTAS

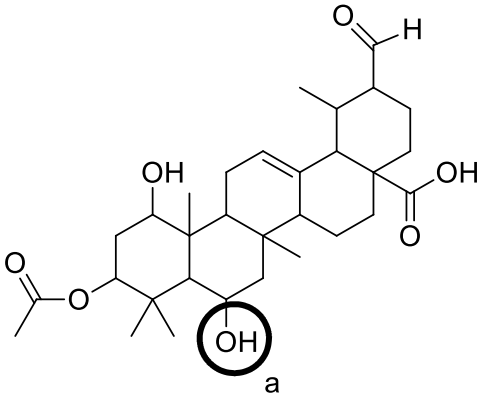


La manzana es el fruto comestible de la especie Malus domestica, originaria de Asia central. Tiene un significado religioso y mitológico en muchas culturas, incluyendo la tradición nórdica, griega y cristiana europea. Es una de las frutas más cultivadas del mundo, siendo China el principal productor.

Los manzanos son autoincompatibles lo que significa que se debe recurrir a la polinización cruzada para la producción de las frutas. Los polinizadores son los encargados de transportar el polen entre flores de diferentes árboles. Estos polinizadores son capaces de detectar a distancia los compuestos químicas volátiles emitidos por las flores y, de esta manera, ubicarlas.

a) El ácido ursólico, es un compuesto químico que se encuentra en la cascara de las manzanas y presenta actividades antiinflamatorias y antidiabéticas, entre otras. A continuación, se presenta un derivado del ácido ursólico. Señala en la figura los grupos funcionales presentes, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona.

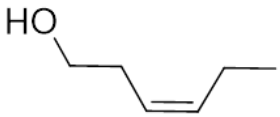
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino
h- Amida



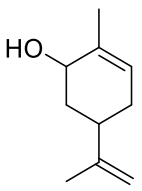
a

b) Los siguientes compuestos químicos volátiles se encuentran en las flores de manzana y son reconocidos por los polinizadores, responda a continuación:

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto **A** y dibuja la estructura del compuesto **B**.

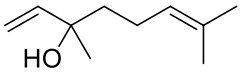
Compuesto **A**		
Compuesto **B**		2-metilpentanal

ii. Indica dos isómeros de posición del derivado del limoneno (**C**).

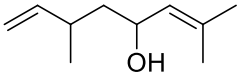


C

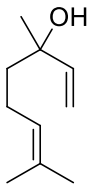
iii. Indica la relación entre **D** con **E** y luego **D** con **F**.



D



E



F

D y **E**:	**D** y **F**:

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s
Velocidad de la luz	$c = 3 \times 10^{8}$ m/s
Constante de Avogadro	$N = 6{,}023 \times 10^{23}$ partículas/mol
Carga del electrón	$e = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	$K_w = 1 \times 10^{-14}$

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c, V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1												13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2																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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXVI OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 3

Planilla de corrección

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

2022 AÑO INTERNACIONAL DEL VIDRIO

Este año se celebra a raíz de la declaración de la Asamblea General de las Naciones Unidas el Año Internacional del Vidrio. En esta ocasión se destaca el papel fundamental que el vidrio tiene y seguirá teniendo en la sociedad, con énfasis en la importancia tecnológica, científica y económica de este material que puede facilitar el desarrollo de sociedades más justas y sostenibles para hacer frente a los desafíos de la globalización.

PROBLEMA 1 - EL VIDRIO EN LA ANTIGÜEDAD

Desde la Antigüedad se conoce el vidrio natural formado por calentamiento de minerales ricos en sílice (dióxido de silicio) como consecuencia de erupciones volcánicas, el impacto de rayos o meteoritos. En la edad de Piedra la obsidiana (vidrio de origen volcánico) era utilizada en herramientas y armas.

Los primeros reportes escritos que llegan hasta la actualidad vienen del historiador romano Plinio del siglo II quien relata que fueron los mercantes fenicios los que descubrieron el vidrio por accidente en la región de Siria 5000 años antes de la era común al hacer fuego para cocinar sobre un bloque de nitro (nitrato de sodio) en la playa. Según el relato, al fundirse el boque de nitro se mezclaba con la arena de la playa (que contiene sílice) formando un líquido opaco. Hoy en día sabemos que esta reacción es energéticamente desfavorable, desacreditando esta historia. Las primeras síntesis de vidrio se realizaron a partir de carbonato de sodio y sílice, ya que el carbonato disminuye la temperatura de fusión de la mezcla.

La ecuación química para la reacción propuesta es: Na_2CO_3 (s) + SiO_2 (s) → Na_2SiO_3 (s) + CO_2 (g)

a) Se coloca a reaccionar una muestra de sílice 85 % pura con cantidad suficiente de carbonato de sodio para formar 244 g de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3). Determina la masa de sílice necesaria.

El metasilicato de sodio obtenido es soluble en agua, lo que constituyó una de las principales dificultades tecnológicas en la síntesis de vidrio en la Antigüedad.

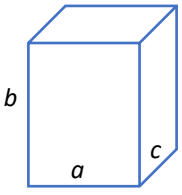
A continuación, se detallan los datos de solubilidad para el metasilicato de sodio a dos temperaturas.

Temperatura (°C)	Solubilidad (g/100 g H_2O)
25	22,2
80	160,6

b) Calcula la concentración expresada como % (m/m) para una solución saturada de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3) a 80 °C.

c) Si 200 g de la solución anterior se enfrían hasta 25 °C, calcula la masa de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3) que precipita. Determina el porcentaje de recuperación definido como $\frac{m_{precipitado}}{m_{total}} x100$.

El metasilicato de sodio cristaliza en una estructura ortorrómbica, como la que se muestra en la figura. En ella los lados se encuentran formando ángulos rectos y son diferentes entre sí ($a \neq b \neq c$). La celda unidad contiene 4 unidades fórmula Na_2SiO_3.



d) Calcula la densidad del metasilicato de sodio anhidro, en g/cm^3, sabiendo que *a* = 6,16 Å, *b* = 10,63 Å y *c* = 4,88 Å.

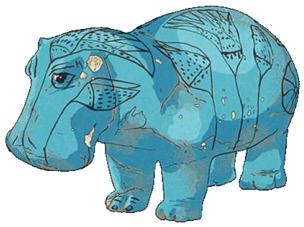
Buscando soluciones para la obtención de vidrios insolubles en agua, en torno al año 1300 antes de la era común se descubrió que el agregado de carbonato de calcio (de caparazones o piedra caliza) disminuye la temperatura de fusión dando un producto insoluble en agua.

Un análisis de composición de un envase de perfume de la antigua Mesopotamia indica que éste está compuesto mayoritariamente por una mezcla de dióxido de silicio, óxido de sodio, óxido de calcio y óxido de aluminio. Al analizar una muestra de 1 g de este vidrio se encontró que la masa de los elementos en la muestra era:

Elemento	silicio	sodio	calcio	aluminio
Masa (mg)	340	96	75	6,9

e) Formula el dióxido de silicio, óxido de sodio, óxido de calcio y óxido de aluminio y determina el porcentaje de cada uno de los óxidos en la muestra analizada.

PROBLEMA 2 – PIGMENTOS EN CERÁMICA VIDRIADA EN LA ANTIGÜEDAD



Los antiguos egipcios tenían un gran respeto por el color azul, lo que provocó la necesidad de obtener un pigmento de la forma más económica y rápida posible para aplicar en diversos materiales. En aquella época los guardianes del conocimiento de la química eran los alquimistas alejandrinos, quienes también estaban interesados en la imitación de piedras semipreciosas como la turquesa y el lapislázuli. Esta última era especialmente valoradas por su color azul intenso y por ser escasa en la zona del valle del Nilo.

Luego de varios experimentos intentando reproducir un pigmento e imitar gemas azules surgió la primera síntesis de un pigmento inorgánico en la historia: el azul egipcio o cuprorivaíta.

La obtención consiste en hacer reaccionar carbonato básico de cobre, sílice y carbonato de calcio en cantidades estequiométricas siguiendo la reacción que se da a continuación:

$Cu_2CO_3(OH)_2\ (s) + 8SiO_2\ (s) + 2CaCO_3\ (s) \rightarrow 2CaCuSi_4O_{10}\ (s) + 3CO_2\ (g) + H_2O\ (g)$

a) Escribe la configuración electrónica de los siguientes átomos y sus iones presentes en los reactivos de la reacción anterior:

Cu y Cu^{2+}	
Si y Si^{4+}	
O y O^{2-}	

b) Indica el o los orbitales de valencia del O, incluyendo los números cuánticos que lo/s describen y el número de electrones de valencia.

El dióxido de carbono formado se puede aprovechar mediante su disolución en agua. Al disolverse, forma ácido carbónico. Se estudió la disolución del ácido carbónico desde el punto de vista termodinámico y se obtuvieron los siguientes resultados:

Sustancia	$\Delta H_f°$ (kJ/mol)	$S°$ (J/molK)
Ácido carbónico (ac)	− 700	187
Dióxido de carbono (g)	− 286	70
Agua (l)	− 394	214

c) Escribe la reacción de disolución de dióxido de carbono en agua. Determina el $\Delta G°$ a 298 K de dicha reacción a partir de los datos suministrados. ¿Es un proceso espontáneo?

d) Calcula la constante de equilibrio a 298 K y 1 atm. Si no pudiste calcular el $\Delta G°$ en el ejercicio anterior puedes usar $\Delta G° = 10$ kJ.

e) Formula al ácido carbónico y escribe la reacción de disociación ácida del ácido carbónico.

f) Teniendo en cuenta que la primera constante de disociación ácida para el ácido carbónico a 298 K es $K_a = 4{,}5 \times 10^{-7}$, calcula el pH de una solución 0,3 M de ácido.

En situaciones excepcionales, durante la reacción, puede formarse monóxido de carbono que reacciona con el agua estableciéndose el siguiente equilibrio:

$CO(g) + H_2O(g) \leftrightarrow CO_2(g) + H_2(g)$ $\quad K_c = 31{,}4$ a 588 K

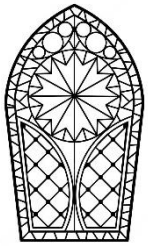
g) En un experimento en el laboratorio para reproducir el equilibrio se coloca en un recipiente cerrado de 10,0 L: 2,50 mol de CO(g), 2,50 mol de $H_2O(g)$, 5,00 mol de $CO_2(g)$ y 5,00 mol de $H_2(g)$ a 588 K. Calcula la concentración de todas las especies en el equilibrio.

Las estructuras de Lewis nos permiten predecir la geometría y polaridad de moléculas.

h) Dibuja la estructura de Lewis de los siguientes compuestos. Calcula la carga formal de cada átomo, indica la geometría y polaridad donde se indica.

H_2O	**CO_2**	**HCO_3^-**
Geometría: _____ **Polaridad: _____**	**Geometría: _____** **Polaridad: _____**	

PROBLEMA 3 - LAS NANOPARTÍCULAS EN LOS VITRALES MEDIEVALES



Los vitrales de las iglesias medievales son un claro ejemplo del uso de la nanotecnología cuando aún no existía la palabra. Los artesanos del vidrio desde el siglo XII sabían que al mezclar pequeñas cantidades de oro y plata en la manufactura de vidrio obtenían piezas de diferentes colores que perduraban con el tiempo. La tecnología hoy en día nos permite saber que esos colores se deben a la formación de nanopartículas de oro y plata principalmente de diámetros menores a 100 nm que lucen de diferente color al interactuar con la luz.

Por ejemplo, las nanopartículas de plata esféricas de 10 nm de diámetro absorben luz a 380 nm (rango del azul), dando coloraciones amarillas al vidrio.

a) Calcula la frecuencia de la luz absorbida por las nanopartículas de plata de 10 nm de diámetro.

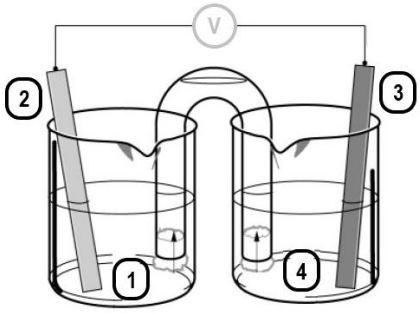
Las nanopartículas de plata en la actualidad se pueden preparar de forma controlada haciendo reaccionar una solución acuosa de nitrato de plata con diversos agentes reductores, por ejemplo, el borohidruro o citrato de sodio.

b) Escribe la semirreacción de reducción del catión plata para formar plata metálica.

En condiciones del laboratorio el catión plata se puede reducir utilizando una celda galvánica con un electrodo de cobre metálico. Los potenciales de reducción estándar tabulados son: $E^0_{Ag^+(ac)/Ag(s)} = 0{,}7996\,V$ y $E^0_{Cu^{2+}(ac)/Cu(s)} = 0{,}3394\,V$.

c) Completa la siguiente tabla, indicando el número que le corresponde en el diagrama a cada componente de la celda. También dibuja una flecha que muestre en qué sentido circulan los electrones.

Ánodo	
Cátodo	
Reacción de oxidación	
Reacción de reducción	

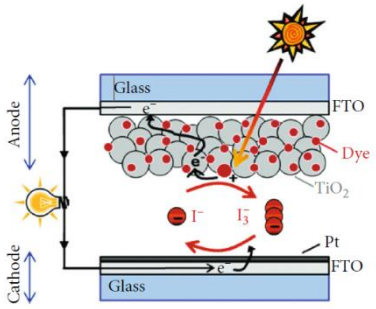


d) Iguala la reacción global de la celda galvánica. Calcula el potencial estándar de la celda y determina la energía libre en condiciones estándar de la reacción global.

Es posible también obtener plata metálica a partir de electrólisis de una solución de nitrato de plata.

e) En el laboratorio se desea obtener la mayor cantidad posible de plata de alta pureza sobre un cátodo de acero inoxidable. Para ello se hace circular una corriente de 0,5 A durante 90 minutos. Determina la masa de plata sólida máxima que se puede obtener en estas condiciones.

PROBLEMA 4 - CELDAS SOLARES SENSIBILIZADAS

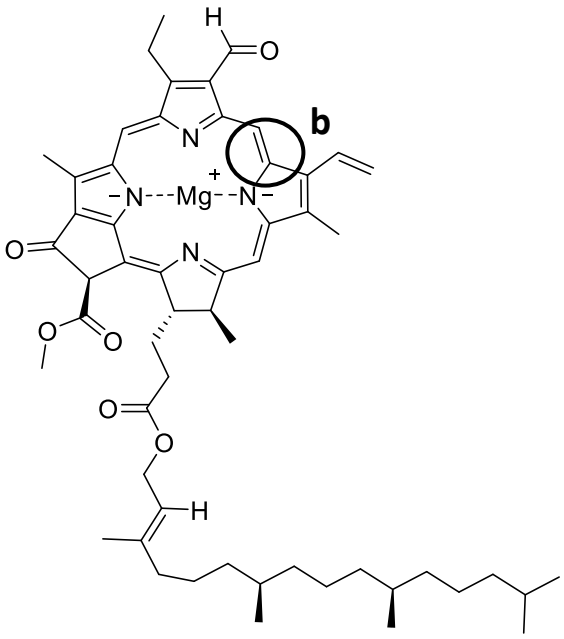


El vidrio forma parte de nuestra vida cotidiana, se encuentra en ventanas, vasos, dispositivos electrónicos y más. Pero también es aplicado en la ciencia, particularmente en celdas solares (dispositivos que captan la radiación solar y la convierten en luz eléctrica). En éstas, el vidrio se usa como soporte para mantener unida la celda y, al mismo tiempo, cerrar el circuito para que funcione correctamente

Una clase especial de estas celdas, conocidas como celdas solares sensibilizadas, está compuesta por un material semiconductor poroso cargado con sensibilizador (moléculas orgánicas coloreadas, que provienen de la extracción, usando solventes orgánicos, de diversas plantas) en una superficie de vidrio (revestido con óxido de estaño y flúor), una solución de electrolito con potencial redox y un contraelectrodo.

a) Las moléculas usadas como sensibilizadores se clasifican según su fuente de extracción, y necesitan tener grupos funcionales capaces de reaccionar con la superficie del conductor. A continuación, se presenta la molécula de clorofila b, que ha sido usada como molécula sensibilizadora. Señala con un círculo en la figura los grupos funcionales presentes, e indica el nombre de los mismos con la letra correspondiente de la lista que se te proporciona.

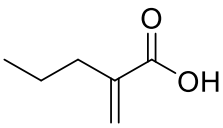
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
Cetona
d- Éster
e- Ácido carboxílico
f- Alquino
g- Amida
h- Amina



b) Los siguientes compuestos químicos son usados como puentes, para unir a la molécula sensibilizadora y la superficie de vidrio, y así mejorar la eficiencia de las mismas.

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto A y D y dibuja las estructuras de los compuesto B y C.

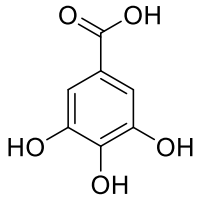
A)



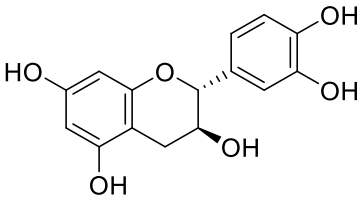
B) *N*-Etilpropilamina

C) Alcohol bencílico / Fenilmetanol

D)

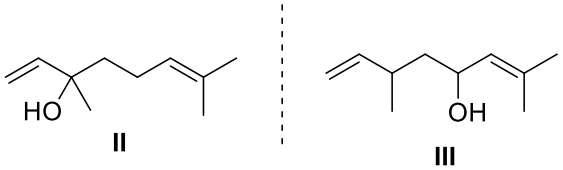


ii. Indica dos isómeros de posición de la catequina (**I**).



I

iii. Indica la relación entre **II** y **III** y entre **II** y **IV**.

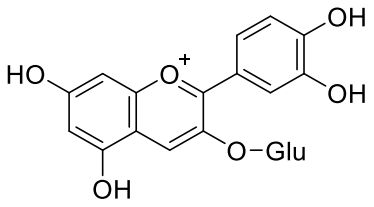


II **III** **IV**

II y III:

II y IV:

PROBLEMA 5 - EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS



cianidina-3-glucósido
(Antocianinas)

Para llevar a cabo la extracción de los diversos pigmentos de una planta, es necesario hacer lavados con solventes orgánicos polares, lo que permite aislar los pigmentos deseados junto a otra variedad de moléculas orgánicas como azúcares, ácidos orgánicos y proteínas. Durante la extracción, usualmente se obtienen las moléculas de antocianinas con un residuo de azúcar (Glu), como es el caso de la cianidina-3-glucósido (figura izquierda).

a) Alguno de estos azúcares puede ser la D-fructosa y D-glucosa. Escribe la estructura de estos azúcares en forma Fischer y Haworth (cíclica).

Fructosa		Glucosa	
Fischer	Haworth	Fischer	Haworth

b) Dibuje la estructura en forma Haworth del disacárido sacarosa sabiendo que su nombre es α-D-glucopiranosil-(1→2)-β-D-fructofuranósido.

c) Responde las siguientes preguntas señalando la/las opciones correctas.

i. ¿Cuál/cuáles de los siguientes carbohidratos arrojan resultado negativo al reactivo de Fehling?

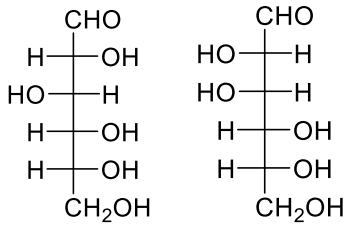
- ☐ Maltosa
- ☐ Sacarosa
- ☐ Lactosa

ii. Desde el punto de vista de su estructura, la fructosa es una:

- ☐ Aldohexosa
- ☐ Cetohexosa
- ☐ Aldopentosa

☐ Cetopentosa

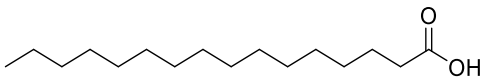
iii. ¿Cuál es la relación entre los siguientes monosacáridos?



d) Sabiendo que en el proceso de extracción de las antocianinas se obtienen ácidos grasos, dibuje las estructuras de A y C, y escriba el nombre de la molécula B. Escriba los nombres sistemáticos en todos los casos.

A) Ácido *trans*-9-octadecanóico

B)



C) Ácido *cis*-9-octadecanóico

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}
1 atm = 760 mmHg	
1 cal = 4,184 J	
1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm	
1 nm = 1 × 10^{-9} m	
1 cm^3 = 1 mL	
1 m^3 = 1000 L	
Volumen de un prisma de lados a, b y c	V = *a x b x c*
Velocidad de una onda electromagnética	velocidad = frecuencia x longitud de onda

Tabla periódica de los elementos

1																	**18**
1 H 1.008	**2**											**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXVI OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 2

Planilla de corrección

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

2022 AÑO INTERNACIONAL DEL VIDRIO

Este año se celebra a raíz de la declaración de la Asamblea General de las Naciones Unidas el Año Internacional del Vidrio. En esta ocasión se destaca el papel fundamental que el vidrio tiene y seguirá teniendo en la sociedad, con énfasis en la importancia tecnológica, científica y económica de este material que puede facilitar el desarrollo de sociedades más justas y sostenibles para hacer frente a los desafíos de la globalización.

PROBLEMA 1 - EL VIDRIO EN LA ANTIGÜEDAD

Desde la Antigüedad se conoce el vidrio natural formado por calentamiento de minerales ricos en sílice (dióxido de silicio) como consecuencia de erupciones volcánicas, el impacto de rayos o meteoritos. En la edad de Piedra la obsidiana (vidrio de origen volcánico) era utilizada en herramientas y armas.

Los primeros reportes escritos que llegan hasta la actualidad vienen del historiador romano Plinio del siglo II quien relata que fueron los mercantes fenicios los que descubrieron el vidrio por accidente en la región de Siria 5000 años antes de la era común al hacer fuego para cocinar sobre un bloque de nitro (nitrato de sodio) en la playa. Según el relato, al fundirse el boque de nitro se mezclaba con la arena de la playa (que contiene sílice) formando un líquido opaco. Hoy en día sabemos que esta reacción es energéticamente desfavorable, desacreditando esta historia. Las primeras síntesis de vidrio se realizaron a partir de carbonato de sodio y sílice, ya que el carbonato disminuye la temperatura de fusión de la mezcla.

La ecuación química para la reacción propuesta es: Na_2CO_3 (s) + SiO_2 (s) → Na_2SiO_3 (s) + CO_2 (g)

a) Se coloca a reaccionar una muestra de sílice 85 % pura con cantidad suficiente de carbonato de sodio para formar 244 g de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3). Determina la masa de sílice necesaria.

El metasilicato de sodio obtenido es soluble en agua, lo que constituyó una de las principales dificultades tecnológicas en la síntesis de vidrio en la Antigüedad.

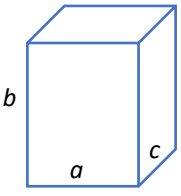
A continuación, se detallan los datos de solubilidad para el metasilicato de sodio a dos temperaturas.

Temperatura (°C)	Solubilidad (g/100 g H_2O)
25	22,2
80	160,6

b) Calcula la concentración expresada como % (m/m) para una solución saturada de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3) a 80 °C.

c) Si 200 g de la solución anterior se enfrían hasta 25 °C, calcula la masa de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3) que precipita. Determina el porcentaje de recuperación definido como $\frac{m_{precipitado}}{m_{total}} x100$.

El metasilicato de sodio cristaliza en una estructura ortorrómbica, como la que se muestra en la figura. En ella los lados se encuentran formando ángulos rectos y son diferentes entre sí ($a \neq b \neq c$). La celda unidad contiene 4 unidades fórmula Na_2SiO_3.



d) Calcula la densidad del metasilicato de sodio anhidro, en g/cm^3, sabiendo que *a* = 6,16 Å, *b* = 10,63 Å y *c* = 4,88 Å.

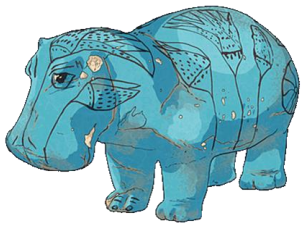
Buscando soluciones para la obtención de vidrios insolubles en agua, en torno al año 1300 antes de la era común se descubrió que el agregado de carbonato de calcio (de caparazones o piedra caliza) disminuye la temperatura de fusión dando un producto insoluble en agua.

Un análisis de composición de un envase de perfume de la antigua Mesopotamia indica que éste está compuesto mayoritariamente por una mezcla de dióxido de silicio, óxido de sodio, óxido de calcio y óxido de aluminio. Al analizar una muestra de 1 g de este vidrio se encontró que la masa de los elementos en la muestra era:

Elemento	silicio	sodio	calcio	aluminio
Masa (mg)	340	96	75	6,9

e) Formula el dióxido de silicio, óxido de sodio, óxido de calcio y óxido de aluminio y determina el porcentaje de cada uno de los óxidos en la muestra analizada.

PROBLEMA 2 – PIGMENTOS EN CERÁMICA VIDRIADA EN LA ANTIGÜEDAD



Los antiguos egipcios tenían un gran respeto por el color azul, lo que provocó la necesidad de obtener un pigmento de la forma más económica y rápida posible para aplicar en diversos materiales. En aquella época los guardianes del conocimiento de la química eran los alquimistas alejandrinos, quienes también estaban interesados en la imitación de piedras semipreciosas como la turquesa y el lapislázuli. Esta última era especialmente valoradas por su color azul intenso y por ser escasa en la zona del valle del Nilo.

Luego de varios experimentos intentando reproducir un pigmento e imitar gemas azules surgió la primera síntesis de un pigmento inorgánico en la historia: el azul egipcio o cuprorivaíta.

La obtención consiste en hacer reaccionar carbonato básico de cobre, sílice y carbonato de calcio en cantidades estequiométricas siguiendo la reacción que se da a continuación:

$Cu_2CO_3(OH)_2\ (s) + 8SiO_2\ (s) + 2CaCO_3\ (s) \rightarrow 2CaCuSi_4O_{10}\ (s) + 3CO_2\ (g) + H_2O\ (g)$

a) Escribe la configuración electrónica de los siguientes átomos y sus iones presentes en los reactivos de la reacción anterior:

Cu y Cu^{2+}	
Si y Si^{4+}	
O y O^{2-}	

b) Indica el o los orbitales de valencia del O, incluyendo los números cuánticos que lo/s describen y el número de electrones de valencia.

El dióxido de carbono formado se puede aprovechar mediante su disolución en agua. Al disolverse, forma ácido carbónico.

c) Formula al ácido carbónico y escribe la reacción de disociación.

d) Calcula el pH de una solución de ácido carbónico cuya concentración hidrogeniónica es $1{,}16 \times 10^{-4}$ mol/L.

e) Escribe la ecuación igualada de neutralización del ácido carbónico con hidróxido de bario.

En situaciones excepcionales, durante la reacción, puede formarse monóxido de carbono que reacciona con el agua estableciéndose el siguiente equilibrio:

$CO(g) + H_2O(g) \leftrightarrow CO_2(g) + H_2(g)$ $\quad K_c = 31{,}4$ a 588 K

f) En un experimento en el laboratorio para reproducir el equilibrio se coloca en un recipiente cerrado de 10,0 L: 2,50 mol de CO(g), 2,50 mol de $H_2O(g)$, 5,00 mol de $CO_2(g)$ y 5,00 mol de $H_2(g)$ a 588 K. Calcula la concentración de todas las especies en el equilibrio.

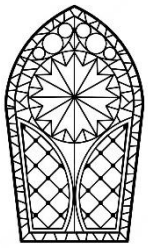
g) Determina K_p en función de K_c para la reacción anterior a 588 K.

Las estructuras de Lewis nos permiten predecir la geometría y polaridad de moléculas.

h) Dibuja la estructura de Lewis de los siguientes compuestos. Calcula la carga formal de cada átomo, indica la geometría y polaridad donde se indica.

H_2O	**CO_2**	**HCO_3^-**
Geometría: _____ **Polaridad: _____**	**Geometría: _____** **Polaridad: _____**	

PROBLEMA 3 - LAS NANOPARTÍCULAS EN LOS VITRALES MEDIEVALES



Los vitrales de las iglesias medievales son un claro ejemplo del uso de la nanotecnología cuando aún no existía la palabra. Los artesanos del vidrio desde el siglo XII sabían que al mezclar pequeñas cantidades de oro y plata en la manufactura de vidrio obtenían piezas de diferentes colores que perduraban con el tiempo. Hoy en día, la tecnología nos permite saber que esos colores se deben a la formación de nanopartículas de oro y plata principalmente de diámetros menores a 100 nm que lucen de diferente color al interactuar con la luz.

Por ejemplo, las nanopartículas de plata esféricas de 10 nm de diámetro absorben luz a 380 nm (rango del azul), dando coloraciones amarillas al vidrio.

a) Calcula la frecuencia de la luz absorbida por las nanopartículas de plata de 10 nm de diámetro.

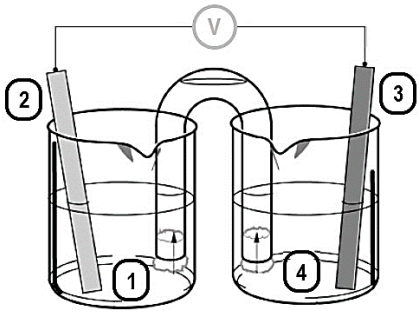
Las nanopartículas de plata en la actualidad se pueden preparar de forma controlada haciendo reaccionar una solución acuosa de nitrato de plata con diversos agentes reductores, por ejemplo, el borohidruro o citrato de sodio.

b) Escribe la semirreacción de reducción del catión plata para formar plata metálica.

En condiciones del laboratorio el catión plata se puede reducir utilizando una celda galvánica con un electrodo de cobre metálico. Los potenciales de reducción estándar tabulados son: $E^0_{Ag^+(ac)/Ag(s)} = 0{,}7996\ V$ y $E^0_{Cu^{2+}(ac)/Cu(s)} = 0{,}3394\ V$.

c) Completa la siguiente tabla, indicando el número que le corresponde en el diagrama a cada componente de la celda. También dibuja una flecha que muestre en qué sentido circulan los electrones.

Ánodo	
Cátodo	
Reacción de oxidación	
Reacción de reducción	

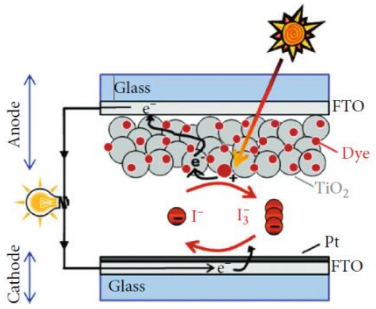


d) Iguala la reacción global de la celda galvánica. Calcula el potencial estándar de la celda y determina la energía libre en condiciones estándar de la reacción global.

Es posible también obtener plata metálica a partir de electrólisis de una solución de nitrato de plata.

e) En el laboratorio se desea obtener la mayor cantidad posible de plata de alta pureza sobre un cátodo de acero inoxidable. Para ello se hace circular una corriente de 0,5 A durante 90 minutos. Determina la masa de plata sólida máxima que se puede obtener en estas condiciones.

PROBLEMA 4 - CELDAS SOLARES SENSIBILIZADAS

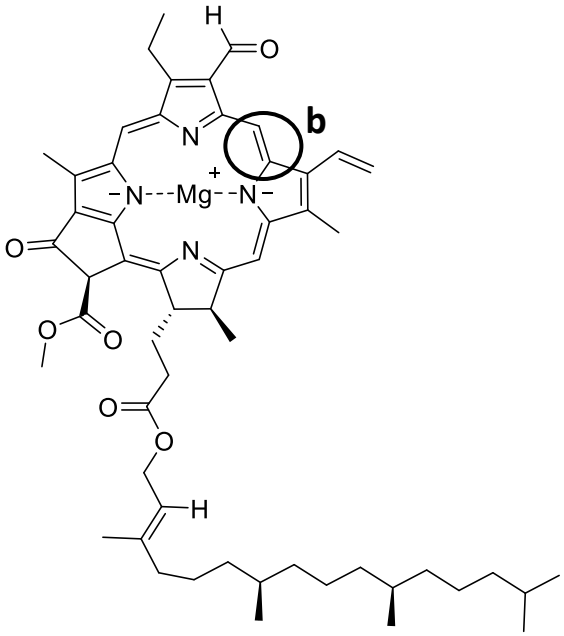


El vidrio forma parte de nuestra vida cotidiana, se encuentra en ventanas, vasos, dispositivos electrónicos y más. Pero también es aplicado en la ciencia, particularmente en celdas solares (dispositivos que captan la radiación solar y la convierten en luz eléctrica). En éstas, el vidrio se usa como soporte para mantener unida la celda y, al mismo tiempo, cerrar el circuito para que funcione correctamente

Una clase especial de estas celdas, conocidas como celdas solares sensibilizadas, está compuesta por un material semiconductor poroso cargado con sensibilizador (moléculas orgánicas coloreadas, que provienen de la extracción, usando solventes orgánicos, de diversas plantas) en una superficie de vidrio (revestido con óxido de estaño y flúor), una solución de electrolito con potencial redox y un contraelectrodo.

a) Las moléculas usadas como sensibilizadores se clasifican según su fuente de extracción, y necesitan tener grupos funcionales capaces de reaccionar con la superficie del conductor. A continuación, se presenta la molécula de clorofila b, que ha sido usada como molécula sensibilizadora. Señala con un círculo en la figura los grupos funcionales presentes, e indica el nombre de los mismos con la letra correspondiente de la lista que se te proporciona.

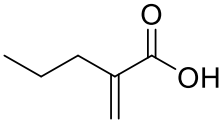
a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino
h- Amida



b) Los siguientes compuestos químicos son usados como puentes, para unir a la molécula sensibilizadora y la superficie de vidrio, y así mejorar la eficiencia de las mismas.

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto A y D y dibuja las estructuras de los compuesto B y C.

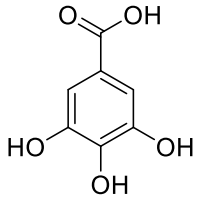
A)



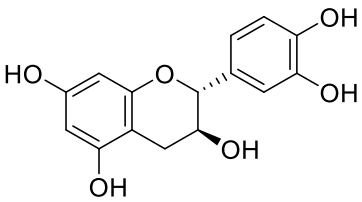
B) *N*-Etilpropilamina

C) Alcohol bencílico / Fenilmetanol

D)

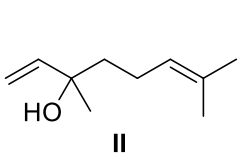


ii. Indica dos isómeros de posición de la catequina (**I**).

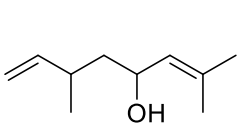


I

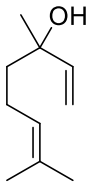
iii. Indica la relación entre **II** y **III** y entre **II** y **IV**.



II



III



IV

II y III:	II y IV:

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c V = *a x b x c*

Velocidad de una onda electromagnética velocidad = frecuencia x longitud de onda

Tabla periódica de los elementos

1												13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2																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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUIMICA

XXVI OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 1

Planilla de corrección

1a	1b	1c	1d	1e	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g

2h	2i	3a	3b	3c	4a	4b			
								Total/100	

2022 AÑO INTERNACIONAL DEL VIDRIO

Este año se celebra a raíz de la declaración de la Asamblea General de las Naciones Unidas el Año Internacional del Vidrio. En esta ocasión se destaca el papel fundamental que el vidrio tiene y seguirá teniendo en la sociedad, con énfasis en la importancia tecnológica, científica y económica de este material que puede facilitar el desarrollo de sociedades más justas y sostenibles para hacer frente a los desafíos de la globalización.

PROBLEMA 1 - EL VIDRIO EN LA ANTIGÜEDAD

Desde la Antigüedad se conoce el vidrio natural formado por calentamiento de minerales ricos en sílice (dióxido de silicio) como consecuencia de erupciones volcánicas, el impacto de rayos o meteoritos. En la edad de Piedra la obsidiana (vidrio de origen volcánico) era utilizada en herramientas y armas.

Los primeros reportes escritos que llegan hasta la actualidad vienen del historiador romano Plinio del siglo II quien relata que fueron los mercantes fenicios los que descubrieron el vidrio por accidente en la región de Siria 5000 años antes de la era común al hacer fuego para cocinar sobre un bloque de nitro (nitrato de sodio) en la playa. Según el relato, al fundirse el boque de nitro se mezclaba con la arena de la playa (que contiene sílice) formando un líquido opaco. Hoy en día sabemos que esta reacción es energéticamente desfavorable, desacreditando esta historia. Las primeras síntesis de vidrio se realizaron a partir de carbonato de sodio y sílice, ya que el carbonato disminuye la temperatura de fusión de la mezcla.

La ecuación química para la reacción propuesta es: Na_2CO_3 (s) + SiO_2 (s) → Na_2SiO_3 (s) + CO_2 (g)

a) Se pone a reaccionar una mezcla impura de sílice según la reacción anterior y posteriormente se agrega agua. Como consecuencia, se obtiene como producto una solución de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3), un gas y un sólido muy fino en el fondo del recipiente.

Marca con una cruz la combinación de operaciones de separación que permitirá aislar el metasilicato de sodio como un sólido puro.

- ❑ Decantación y filtración
- ❑ Evaporación y decantación
- ❑ Filtración y evaporación

b) Se coloca a reaccionar sílice con cantidad suficiente de carbonato de sodio para formar 244 g de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3). La reacción en estas condiciones tiene un rendimiento del 85 %. Determina la cantidad de sílice necesaria.

El metasilicato de sodio obtenido es soluble en agua, lo que constituyó una de las principales dificultades tecnológicas en la síntesis de vidrio en la Antigüedad.

A continuación, se detallan los datos de solubilidad para el metasilicato de sodio a dos temperaturas.

Temperatura (°C)	Solubilidad (g/100 g H_2O)
25	22,2
80	160,6

c) Calcula la concentración expresada como % (m/m) para una solución saturada de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3) a 80 °C.

d) Si 200 g de la solución anterior se enfrían hasta 25 °C, calcula la masa de metasilicato de sodio (Na_2SiO_3) que precipita. Determina el porcentaje de recuperación definido como $\frac{m_{precipitado}}{m_{total}} x100$.

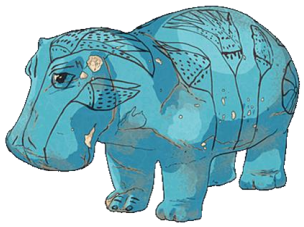
Buscando soluciones para la obtención de vidrios insolubles en agua, en torno al año 1300 antes de la era común se descubrió que el agregado de carbonato de calcio (de caparazones o piedra caliza) disminuye la temperatura de fusión dando un producto insoluble en agua.

Un análisis de composición de un envase de perfume de la antigua Mesopotamia indica que éste está compuesto mayoritariamente por una mezcla de dióxido de silicio, óxido de sodio, óxido de calcio y óxido de aluminio. Al analizar una muestra de 1 g de este vidrio se encontró que la masa de los elementos en la muestra era:

Elemento	silicio	sodio	calcio	aluminio
Masa (mg)	340	96	75	6,9

e) Formula el dióxido de silicio, óxido de sodio, óxido de calcio y óxido de aluminio y determina el porcentaje de cada uno de los óxidos en la muestra analizada.

PROBLEMA 2 – PIGMENTOS EN CERÁMICA VIDRIADA EN LA ANTIGÜEDAD



Los antiguos egipcios tenían un gran respeto por el color azul, lo que provocó la necesidad de obtener un pigmento de la forma más económica y rápida posible para aplicar en diversos materiales. En aquella época los guardianes del conocimiento de la química eran los alquimistas alejandrinos, quienes también estaban interesados en la imitación de piedras semipreciosas como la turquesa y el lapislázuli. Esta última era especialmente valoradas por su color azul intenso y por ser escasa en la zona del valle del Nilo.

Luego de varios experimentos intentando reproducir un pigmento e imitar gemas azules surgió la primera síntesis de un pigmento inorgánico en la historia: el azul egipcio o cuprorivaíta.

La obtención consiste en hacer reaccionar carbonato básico de cobre, sílice y carbonato de calcio en cantidades estequiométricas siguiendo la reacción que se da a continuación:

$Cu_2CO_3(OH)_2\ (s) + 8SiO_2\ (s) + 2CaCO_3\ (s) \rightarrow 2CaCuSi_4O_{10}\ (s) + 3CO_2\ (g) + H_2O\ (g)$

a) Completa el siguiente cuadro relativo a los elementos de la reacción anterior.

Símbolo	$^{40}_{20}Ca^{2+}$			
número de protones		29	8	14
número de electrones				14
número de neutrones		34	7	14
Carga		0	-2	

b) Indica la distribución electrónica en niveles de energía. Indica y la cantidad de electrones de valencia para el O y el Si.

c) Indica si las siguientes afirmaciones referidas a dicha reacción son falsas (F) o verdaderas (V).

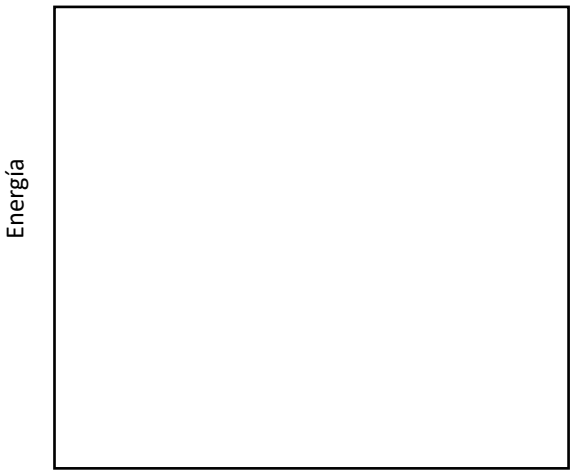
	F o V
Cada mol de carbonato básico de cobre contiene 2 mol de Cu	
22 g de CO_2 contienen $6{,}02 \times 10^{23}$ moléculas	
Por cada mol de sílice que reacciona se obtiene 0,25 mol de cuprorivaíta	
Partiendo de 10 g de $CaCO_3$(s) se puede obtener por lo menos 10 g de CO_2(s)	

El dióxido de carbono formado se puede aprovechar mediante su disolución en agua. Al disolverse, forma ácido carbónico. Se estudió la disolución del ácido carbónico desde el punto de vista termodinámico y se obtuvo un $\Delta H° = -2{,}20$ kJ/mol.

d) Teniendo en cuenta los datos de la frase anterior, la disociación del ácido carbónico es un proceso:

❑ endotérmico ❑ exotérmico

e) Realiza un diagrama entálpico que represente el proceso indicando: reactivos (R), productos (P) y la variación de entalpía en el diagrama.



f) Formula al ácido carbónico y escribe la ecuación correspondiente a la reacción de disociación.

Se realizó un seguimiento de la reacción de obtención de cuprorivaíta midiendo el pH del agua donde se recoge el dióxido de carbono.

g) Al finalizar la reacción el control de pH arroja un valor de concentración hidrógeniónica de $1{,}16 \times 10^{-4}$ mol/L. Calcula el pH de la solución.

h) Escribe la ecuación igualada de neutralización del ácido carbónico con hidróxido de bario.

Las estructuras de Lewis nos permiten predecir la geometría y polaridad de moléculas.

i) Dibuja la estructura de Lewis de los siguientes compuestos.

H_2O	CO_2	HCO_3^-

PROBLEMA 3 – LOS COLORES DE LAS BOTELLAS DE VIDRIO

El vidrio originado de la reacción de sílice en presencia de carbonato de sodio y calcio parece incoloro a simple vista cuando es fino, sin embargo, las impurezas de óxido de hierro(II) le dan un tinte verdoso característico. Durante la fabricación, es posible agregar otros metales y óxidos para cambiar el color del vidrio para aumentar su atractivo estético, por ejemplo:

- Óxido de hierro(II) combinado con óxido de cromo(III) dan el color verde intenso que se utiliza en botellas de cerveza.
- Óxido de cobalto(II) entre 0,025 a 0,1 % por reacción con alúmina (óxido de aluminio) da una coloración azul intensa.
- Óxido de cobre(II) entre 2 y 3 % en masa da una coloración azul turquesa.
- Agregados de uranio del 0,1 al 2 % da lugar a la formación de vidrios amarillo o verde fluorescente dependiendo del estado de oxidación del uranio.

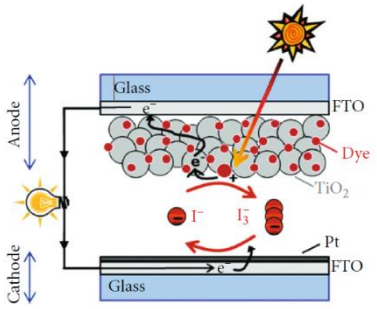
a) Escribe e iguala la ecuación que representa la formación de los óxidos de hierro(II), cobalto(II) y cobre(II) a partir del metal. Indica los estados de agregación de las especies.

b) Escribe e iguala la ecuación que representa la reacción de los óxidos de hierro(II), cobalto(II) y cobre(II) con agua.

El ^{238}U, isótopo natural del uranio, sufre decaimiento α. Por otra parte, existen isótopos artificiales del hierro que no son estables, como por ejemplo el ^{51}Fe que sufre decaimiento β^+ y el ^{60}Fe que sufre decaimiento β^-.

c) Escribe las reacciones de decaimiento radiactivo para el ^{238}U, ^{51}Fe y el ^{60}Fe.

PROBLEMA 4 - CELDAS SOLARES SENSIBILIZADAS

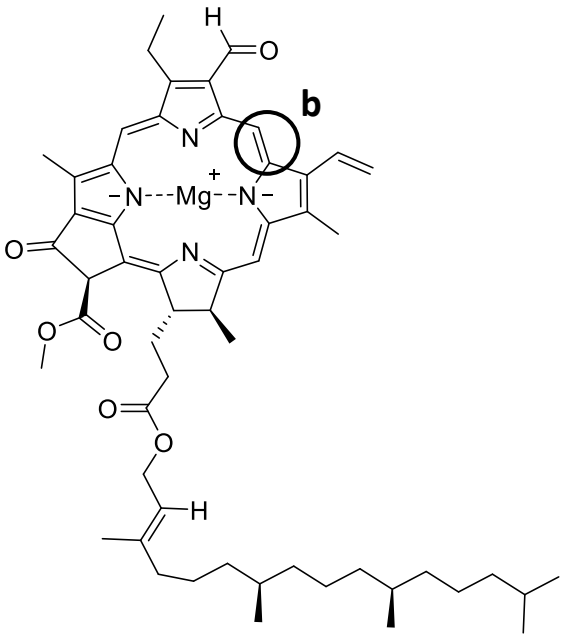


El vidrio forma parte de nuestra vida cotidiana, se encuentra en ventanas, vasos, dispositivos electrónicos y más. Pero también es aplicado en la ciencia, particularmente en celdas solares (dispositivos que captan la radiación solar y la convierten en luz eléctrica). En éstas, el vidrio se usa como soporte para mantener unida la celda y, al mismo tiempo, cerrar el circuito para que funcione correctamente

Una clase especial de estas celdas, conocidas como celdas solares sensibilizadas, está compuesta por un material semiconductor poroso cargado con sensibilizador (moléculas orgánicas coloreadas, que provienen de la extracción, usando solventes orgánicos, de diversas plantas) en una superficie de vidrio (revestido con óxido de estaño y flúor), una solución de electrolito con potencial redox y un contraelectrodo.

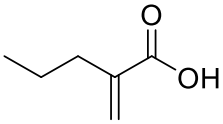
a) Las moléculas usadas como sensibilizadores se clasifican según su fuente de extracción, y necesitan tener grupos funcionales capaces de reaccionar con la superficie del conductor. A continuación, se presenta la molécula de clorofila b, que ha sido usada como molécula sensibilizadora. Señala con un círculo en la figura los grupos funcionales presentes de los detallados en la lista (uno de cada uno).

a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino



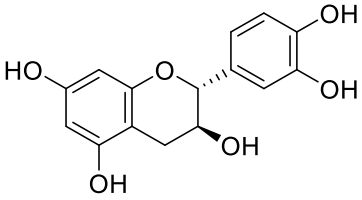
Los siguientes compuestos químicos son usados como puentes, para unir a la molécula sensibilizadora y la superficie de vidrio, y así mejorar la eficiencia de las mismas.

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto A y dibuja la estructura del compuesto B.

A) 

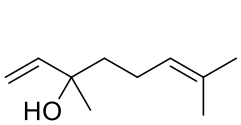
B) *N*-Etilpropilamina

ii. Indica dos isómeros de posición de la catequina (**I**).

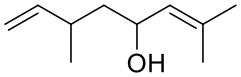


I

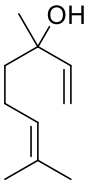
iii. Indica la relación entre **II** y **III** y entre **II** y **IV**.



II



III



IV

II y III:	II y IV:

DATOS

Constante de los gases ideales	R = 0,082 L atm/(mol K) = 8,31 J/(mol K) = 2 × 10^{-3} kcal/(mol K)
Constante de Planck	h = 6,63 × 10^{-34} J s
Velocidad de la luz	c = 3 × 10^{8} m/s
Constante de Avogadro	N = 6,023 × 10^{23} partículas/mol
Carga del electrón	e = 1,602 × 10^{-19} C
Constante de Faraday	F = 96500 C/mol
Intensidad de corriente	1 A = 1 C/s
Constante de autoionización del agua	K_w = 1 x 10^{-14}

1 atm = 760 mmHg

1 cal = 4,184 J

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 × 10^{-8} cm

1 nm = 1 × 10^{-9} m

1 cm^3 = 1 mL

1 m^3 = 1000 L

Volumen de un prisma de lados a, b y c V = *a x b x c*

Tabla periódica de los elementos

1																	**18**
1 H 1.008	**2**											**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

U D E L A R FQ FACULTAD DE QUÍMICA

XXVII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 3

Planilla de corrección

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

El agua potable es aquella que es apta para la alimentación y uso doméstico o de industrias alimentarias, comprendiendo el agua corriente y el agua de pozo, manantial o aljibe, que cumpla con determinadas características sensoriales (olor y sabor), físicas, químicas (concentraciones, límite de iones y otras especies) y microbiológicas (límites para bacterias, hongos, etc.). Además, la Constitución Uruguaya establece en el art. 47 que "el agua es un recurso natural esencial para la vida. El acceso al agua potable y el acceso al saneamiento, constituyen derechos humanos fundamentales".

Este año Uruguay sufrió la crisis hídrica más extensa desde que existen registros, debido a un agotamiento de las reservas de agua bruta. Varios científicos han estudiado tanto las causas de dicha crisis, así como también trabajan en el análisis de las fuentes de agua de nuestro país, las redes de agua de consumo y los métodos para análisis y purificación de forma de tener agua de calidad.

PROBLEMA 1

a. En la siguiente tabla encontrarás los valores máximos permitidos de algunas sustancias, para que el agua sea considerada potable (establecidos por el decreto bromatológico). Escribe el símbolo de los elementos o la fórmula de los iones, según corresponda. Para los elementos, señala en qué bloque de la tabla periódica se encuentran.

		Símbolo/fórmula	**Bloque de la TP**
Dureza total en $CaCO_3$	Máximo 500 mg/L	CO_3^{2-}	
Cloruros	Máximo 300 mg/L		
Sulfatos	Máximo 400 mg/L		
Cobre	Máximo 1 mg/L		
Manganeso	Máximo 0,1 mg/L		
Aluminio	Máximo 0,5 mg/L		

Hierro	Máximo 0,3 mg/L		
Zinc	Máximo 5 mg/L		
Sodio	Máximo 200 mg/L		
Fósforo como P_2O_5	Máximo 0,4 mg/L		
Nitratos	Máximo 10 mg/L		

b. Nombra las siguientes sustancias:

$CaCO_3$	
P_2O_5	

c. Completa el siguiente cuadro:

Símbolo			$^{181}_{82}Pb^{2+}$
número de protones		33	
número de electrones	46	30	
número de neutrones	53	43	
carga	+2		

Existen numerosos casos reportados en los que el arsénico se encuentra en altos niveles en las aguas subterráneas y esto hace que no sean aptas para su consumo. El elemento puede estar presente en distintos estados de oxidación (–III, 0, +III, +V). En las aguas subterráneas están presentes las especies inorgánicas As(III) y As(V). Los compuestos de As inorgánico son extremadamente tóxicos, siendo la especie As(III) la más tóxica, mientras que los compuestos orgánicos del As, presentes generalmente en alimentos como pescados y mariscos han resultado menos perjudiciales para la salud.

d. Escribe la configuración electrónica del As, As(−III) y As(V)**.**

As	
As(−III)	
As(V)	

e. En un medio fuertemente ácido, el óxido de arsénico(V) forma el ácido arsénico (H_3AsO_4) por reacción con el agua. Escribe la ecuación química que describe dicha reacción.

f. Calcula la composición elemental porcentual en peso del ácido arsénico.

% de H _____ % de As _____ % de O _____

Las Organización Mundial de la Salud establece que el valor máximo permitido de arsénico en agua potable es de 0,010 mg/L. Cuando la concentración es mayor, se debe proceder a algún método de purificación. Uno de los más comunes es la floculación con tricloruro de hierro ($FeCl_3$). El $FeCl_3$ se disuelve en agua y puede formar distintas especies según el pH.

g. Escribe la ecuación entre $FeCl_3$ y agua para dar lugar a la formación de $Fe(OH)_3$ sólido. Incluye los estados de agregación.

Además del $Fe(OH)_3$, se pueden formar especies cargadas positivamente, por ejemplo $Fe(OH)^{2+}$, que puede reaccionar con los oxoaniones de arsénico que posteriormente precipitan, como en la siguiente reacción:

$$Fe(OH)^{2+} + HAsO_4^{2-} \rightarrow FeAsO_4 + H_2O$$

h. En una fuente de agua subterránea se detectó que el nivel de arsénico es de 0,030 mg/L. Calcula la masa de $FeCl_3$ que se debe agregar por metro cúbico de agua para disminuir el nivel de arsénico soluble hasta alcanzar el valor aceptado por la OMS. Considera que el rendimiento de la reacción de precipitación es del 70 %.

i. Esta precipitación se da a valores de pH cercanos a 7, lo cual es común en aguas subterráneas. Calcula la concentración de H^+ de dicho depósito de agua, en mol/L.

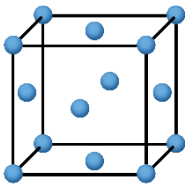
PROBLEMA 2

La fuente de agua que alimenta a la región suroeste de Uruguay es la cuenca del río Santa Lucía. La represa de Paso Severino puede acumular un total de 63,5 millones de metros cúbicos de agua. Las sequías de los últimos tres años provocaron que se redujera el volumen de agua acumulado y por lo tanto se puso en riesgo la alimentación a las redes de distribución de la región. Para poder mantener un caudal de agua adecuado, se recurrió a mezclar agua dulce con agua proveniente de una zona cercana al Río de la Plata, cuya salinidad es mayor. Esto provocó que los niveles de sodio y de cloruro en el agua aumentaran considerablemente. Asimismo, se elevaron los valores permitidos de sodio y cloruro en el agua de red, hasta máximos de 440 y 750 mg/L respectivamente.

a. Reportes de las líneas de bombeo de OSE del 1 de junio de 2023 indican que en la línea 4 el promedio de sodio fue de 448 mg/L y el de cloruro 734 mg/L. Calcula la concentración de ambos iones en mol/L.

El aumento de la salinidad del agua corriente disparó una ola de rupturas de electrodomésticos que utilizan agua, en particular, los calefones. Muchos de los calefones domésticos tienen un tanque de cobre y una resistencia que no está en contacto directo con el agua, pero tiene una envoltura de acero que se puede corroer. El alto contenido de sales provoca que el material no tenga la resistencia esperada de acuerdo a su diseño, produciéndose tanto corrosión del material como incrustaciones de sales sobre la superficie del tanque o las propias resistencias.

b. El cobre es un metal que presenta una celda unidad cúbica centrada en las caras (se muestra en la figura). La longitud de la arista es de 3,61 Å. Calcula la densidad del cobre metálico en g/cm^3.



Una pieza importante en los calefones es el ánodo de sacrificio de magnesio. Se trata de una barra de magnesio que se coloca dentro del tanque, y se usa para proteger las piezas de acero.

c. Escribe la semirreacción de oxidación del magnesio, para dar Mg^{2+}.

d. El ánodo de magnesio se oxida debido a la presencia de dioxígeno disuelto en el agua. Escribe las ecuaciones que representan la reducción de dioxígeno a agua, a pH 6 y pH 9.

pH 6:

pH 9:

e. Indica con una cruz cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:

- ❑ el número de oxidación del oxígeno cambia de I a II
- ❑ se transfieren 4 electrones por cada mol de oxígeno que reacciona
- ❑ el hidrógeno del agua cambia su número de oxidación de 0 a I

f. Calcula el potencial estándar de la reacción entre una barra de magnesio y el oxígeno disuelto en agua considerando que su presión es de 1 atm. $E°\ Mg^{2+}/Mg = -2{,}38$ V y $E°\ O_2/H_2O = 1{,}23$ V.

g. El proceso es espontáneo: sí ❑ no ❑

h. El ánodo de magnesio debe ser sustituido por uno nuevo de forma periódica. Calcula la cantidad de carga generada en el proceso de corrosión de un ánodo de magnesio de 520 g, que perdió el 5 % de su masa en el proceso.

PROBLEMA 3

Una de las consecuencias del uso de agua mezclada con mayor concentración de aniones es el aumento de la dureza del agua. Normalmente la dureza del agua se expresa como cantidad equivalente de carbonato de calcio presente y se calcula como la suma de las cantidades de calcio y magnesio presentes (en mg) por litro de agua. Una de las consecuencias es la precipitación de carbonato de calcio y magnesio sobre las resistencias de calefones y otros calentadores eléctricos, como las jarras.

a. En una muestra de agua de un calefón se determinó la concentración de cationes magnesio y calcio, encontrándose valores de 0,005 M y 0,008 M. Determine la dureza total e indique si cumple con el límite impuesto por el decreto bromatológico (500 mg/L).

La dureza total determinada se encuentra dentro de los valores aceptados: sí ❑ no ❑

En la determinación de la dureza del agua se puede también hacer una distinción entre dureza temporal (proveniente de carbonatos) y dureza permanente (proveniente de otras fuentes) que generalmente es debida a la presencia de aniones sulfato y cloruro.

b. Dibuja la estructura de Lewis los aniones carbonato y sulfato. Indica la geometría molecular.

Carbonato CO_3^{2-}	Sulfato SO_4^{2-}
Geometría:	Geometría:

El contenido de cloruro en el agua se puede determinar por precipitación con una sal soluble de plata. Considera que la constante de equilibrio de la reacción de disolución de cloruro de plata (o constante de producto de solubilidad) es $1{,}8 \times 10^{-10}$.

c. Escribe la reacción de disolución de cloruro de plata. Incluye los estados de agregación.

d. Escribe la expresión de la constante de equilibrio de la reacción de disolución de cloruro de plata.

e. Determina el volumen (en mL) de solución 0,1 mol/L de nitrato de plata que será necesario utilizar para precipitar todo el cloruro presente en 100 mL de agua corriente que contiene 0,0207 mol/L de cloruro.

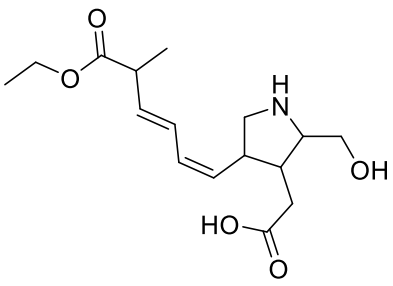
f. Determina la concentración máxima de nitrato de plata que puede agregarse a una solución 0,0207 mol/L en cloruro para evitar que comience la precipitación.

PROBLEMA 4

El uso de mayores proporciones de agua salobre en el agua corriente no solamente aumenta los niveles de iones como Cl^- y Na^+, a su vez compuestos orgánicos típicamente encontrados en lechos marinos pueden hacerse presentes. Tal es el caso de toxinas generadas por organismos marinos como el ácido domóico.

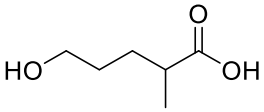
a. El ácido domóico, es un compuesto químico producido por un género de algas unicelulares llamado *Pseudo-nitzschia*. En general estas toxinas se acumulan en moluscos que se alimentan de las algas y es a través de estos moluscos que se producen intoxicaciones en humanos. A continuación, se presenta un derivado del ácido domóico, señala en la figura los grupos funcionales presentes con un círculo e **indica la letra correspondiente a ese grupo funcional**, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona. Si un grupo aparece más de una vez, **señala cada uno de ellos**.

a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino
h- Amida
i- Amina

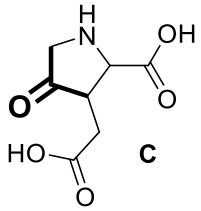


b. Los compuestos **A**, **B y C**), son compuestos de degradación del ácido domóico:

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto **A** y dibuja la estructura del compuesto **B**.

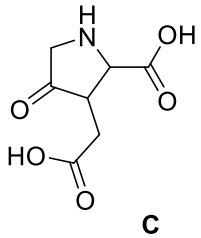
Compuesto **A**		
Compuesto **B**		3-Metil-2-buten-1-ol

ii. La degradación hasta el compuesto **C**, involucra una oxidación de la cadena lateral, generando un nuevo grupo funcional marcado en negrita. ¿Cuál es el nombre de este grupo funcional?



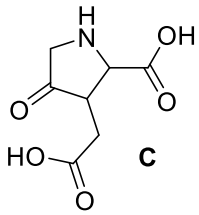
C

iii. Indica dos isómeros de posición del compuesto **C**.

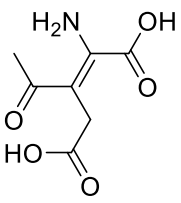


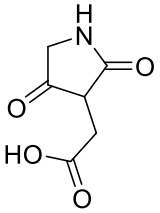
C

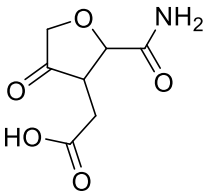
iv. De los siguientes compuestos, indica cuáles son isómeros de **C**.

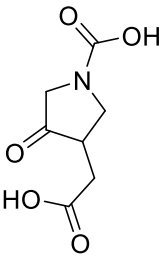


C





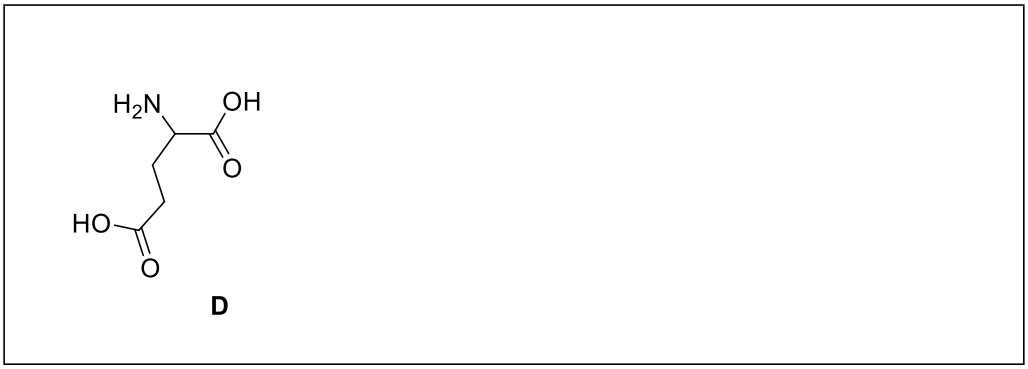




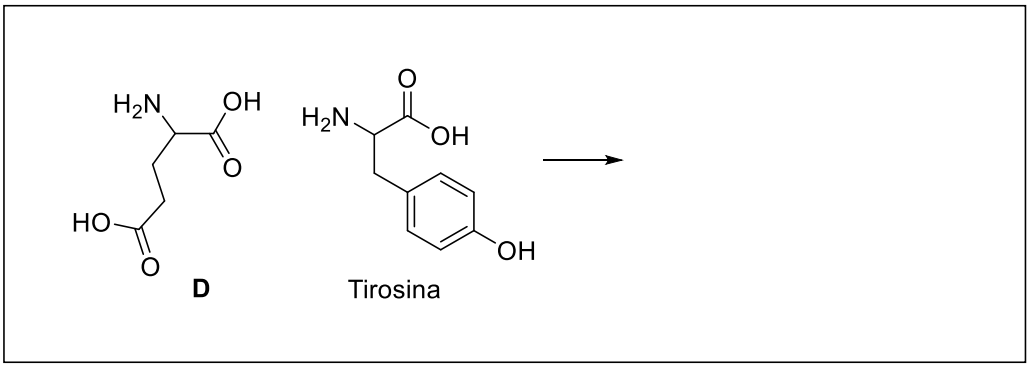
Es isómero de **C**: ☐ ☐ ☐ ☐

c. Uno de los precursores de la biosíntesis del ácido domóico es el ácido glutámico (**D**).

i. Dibuja la forma zwitteriónica del ácido glutámico.

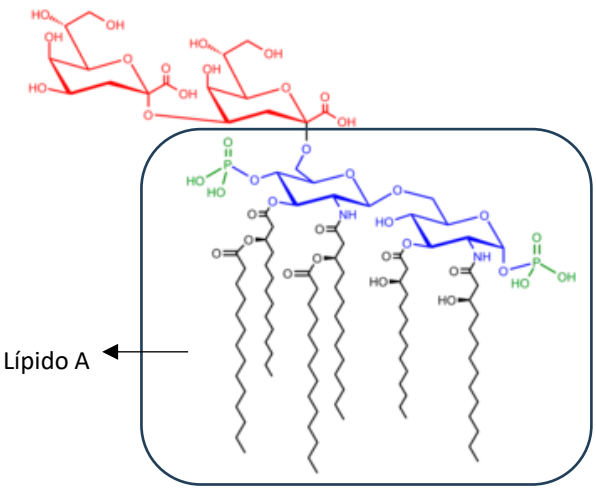


ii. Indica la estructura del dipéptido ácido glutámico - tirosina.



PROBLEMA 5

Otra de las consecuencias de la falta de lluvias en nuestro país fue la proliferación de cianobacterias en los distintos cursos acuáticos, debido al aumento en la concentración de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) que combinados con las altas temperaturas y muchas horas de luz se vuelven condiciones altamente favorables para su crecimiento. Las cianobacterias pueden producir diferentes compuestos que resultan tóxicos para animales marinos y terrestres, los cuales se clasifican según su efecto en hepatotoxinas/nefrotoxinas, neurotoxinas y dermatotoxinas. Entre estas últimas se encuentran los lipopolisacáridos (LPS) que son parte de la membrana externa de estas bacterias y tienen la estructura que se muestra a continuación:



De esta estructura, el lípido A es el principal responsable de desencadenar la respuesta inmune, y está compuesto por un disacárido fosforilado y esterificado con ácidos grasos.

a. En algunos microorganismos, el disacárido presente en el lípido A está formado por 2 unidades de galactosa. Escriba las estructuras de la D-glucosa y D-galactosa en forma Fischer y Haworth sabiendo que son epímeros en C4.

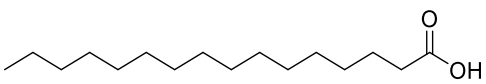
D-Glucosa		D-Galactosa	
Fischer	Haworth	Fischer	Haworth

b. Indique qué tipo de enlace une los dos azúcares del lípido A.

c. Comúnmente, en el lípido A el disacárido se encuentra esterificado con ácidos grasos como el mirístico, palmítico y esteárico. Dibuje las estructuras en i y iii y escriba el nombre IUPAC de la molécula en ii.

i) Ácido 2-hidroxi tetradecanoico
(ácido 2-hidroxi mirístico)

ii)



(ácido palmítico)

iii) Ácido (*cis, cis)*- 9, 12-octadecadienóico
(ácido linoleico)

DATOS

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

Constante de Avogadro: N = 6,023 x 10^{23} partículas/mol

Constante de Faraday F = 96500 C/mol

Intensidad de corriente 1 A = 1 C/s

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 x 10^{-8} cm

1 cm^3 = 1 mL

$V_{cubo} = (arista)^3$

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

UDELAR FQ FACULTAD DE QUÍMICA

XXVII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 2

Planilla de corrección

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

El agua potable es aquella que es apta para la alimentación y uso doméstico o de industrias alimentarias, comprendiendo el agua corriente y el agua de pozo, manantial o aljibe, que cumpla con determinadas características sensoriales (olor y sabor), físicas, químicas (concentraciones, límite de iones y otras especies) y microbiológicas (límites para bacterias, hongos, etc.). Además, la Constitución Uruguaya establece en el art. 47 que "el agua es un recurso natural esencial para la vida. El acceso al agua potable y el acceso al saneamiento, constituyen derechos humanos fundamentales".

Este año Uruguay sufrió la crisis hídrica más extensa desde que existen registros, debido a un agotamiento de las reservas de agua bruta. Varios científicos han estudiado tanto las causas de dicha crisis, así como también trabajan en el análisis de las fuentes de agua de nuestro país, las redes de agua de consumo y los métodos para análisis y purificación de forma de tener agua de calidad.

PROBLEMA 1

a. En la siguiente tabla encontrarás los valores máximos permitidos de algunas sustancias, para que el agua sea considerada potable (establecidos por el decreto bromatológico). Escribe el símbolo de los elementos o la fórmula de los iones, según corresponda. Para los elementos, señala en qué bloque de la tabla periódica se encuentran.

		Símbolo/fórmula	**Bloque de la TP**
Dureza total en $CaCO_3$	Máximo 500 mg/L	CO_3^{2-}	
Cloruros	Máximo 300 mg/L		
Sulfatos	Máximo 400 mg/L		
Cobre	Máximo 1 mg/L		
Manganeso	Máximo 0,1 mg/L		
Aluminio	Máximo 0,5 mg/L		

Hierro	Máximo 0,3 mg/L		
Zinc	Máximo 5 mg/L		
Sodio	Máximo 200 mg/L		
Fósforo como P_2O_5	Máximo 0,4 mg/L		
Nitratos	Máximo 10 mg/L		

b. Nombra las siguientes sustancias:

$CaCO_3$	
P_2O_5	

c. Completa el siguiente cuadro.

Símbolo			$^{181}_{82}Pb^{2+}$
número de protones		33	
número de electrones	46	30	
número de neutrones	53	43	
carga	+2		

Existen numerosos casos reportados en los que el arsénico se encuentra en altos niveles en las aguas subterráneas y esto hace que no sean aptas para su consumo. El elemento puede estar presente en distintos estados de oxidación (–III, 0, +III, +V). En las aguas subterráneas están presentes las especies inorgánicas As(III) y As(V). Los compuestos de As inorgánico son extremadamente tóxicos, siendo la especie As(III) la más tóxica, mientras que los compuestos orgánicos del As, presentes generalmente en alimentos como pescados y mariscos han resultado menos perjudiciales para la salud.

d. Escribe la configuración electrónica del As, As(−III) y As(V).

As	
As(−III)	
As(V)	

e. En un medio fuertemente ácido, el óxido de arsénico(V) forma el ácido arsénico (H_3AsO_4) por reacción con el agua. Escribe la ecuación química que describe dicha reacción.

f. Calcula la composición elemental porcentual en peso del ácido arsénico.

% de H _____ % de As _____ % de O _____

Las Organización Mundial de la Salud establece que el valor máximo permitido de arsénico en agua potable es de 0,010 mg/L. Cuando la concentración es mayor, se debe proceder a algún método de purificación. Uno de los más comunes es la floculación con tricloruro de hierro ($FeCl_3$). El $FeCl_3$ se disuelve en agua y puede formar distintas especies según el pH.

g. Escribe la ecuación entre $FeCl_3$ y agua para dar lugar a la formación de $Fe(OH)_3$ sólido.

Además del $Fe(OH)_3$, se pueden formar especies cargadas positivamente, por ejemplo $Fe(OH)^{2+}$, que puede reaccionar con los oxoaniones de arsénico que posteriormente precipitan, como en la siguiente reacción:

$$Fe(OH)^{2+} + HAsO_4^{2-} \rightarrow FeAsO_4 + H_2O$$

h. En una fuente de agua subterránea se detectó que el nivel de arsénico es de 0,030 mg/L. Calcula la masa de $FeCl_3$ que se debe agregar por metro cúbico de agua para disminuir el nivel de arsénico soluble hasta alcanzar el valor aceptado por la OMS. Considera que el rendimiento de la reacción de precipitación es del 70 %.

i. Esta precipitación se da a valores de pH cercanos a 7, lo cual es común en aguas subterráneas. Calcula la concentración de H^+ de dicho depósito de agua, en mol/L.

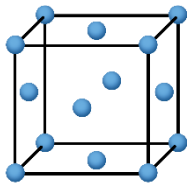
PROBLEMA 2

La fuente de agua que alimenta a la región suroeste de Uruguay es la cuenca del río Santa Lucía. La represa de Paso Severino puede acumular un total de 63,5 millones de metros cúbicos de agua. Las sequías de los últimos tres años provocaron que se redujera el volumen de agua acumulado y por lo tanto se puso en riesgo la alimentación a las redes de distribución de la región. Para poder mantener un caudal de agua adecuado, se recurrió a mezclar agua dulce con agua proveniente de una zona cercana al Río de la Plata, cuya salinidad es mayor. Esto provocó que los niveles de sodio y de cloruro en el agua aumentaran considerablemente. Asimismo, se elevaron los valores permitidos de sodio y cloruro en el agua de red, hasta máximos de 440 y 750 mg/L respectivamente.

a. Reportes de las líneas de bombeo de OSE del 1 de junio de 2023 indican que en la línea 4 el promedio de sodio fue de 448 mg/L y el de cloruro 734 mg/L. Calcula la concentración ambos iones, en mol/L.

El aumento de la salinidad del agua corriente disparó una ola de rupturas de electrodomésticos que utilizan agua, en particular, los calefones. Muchos de los calefones domésticos tienen un tanque de cobre y una resistencia que no está en contacto directo con el agua, pero tiene una envoltura de acero que se puede corroer. El alto contenido de sales provoca que el material no tenga la resistencia esperada de acuerdo a su diseño, produciéndose tanto corrosión del material como incrustaciones de sales sobre la superficie del tanque o las propias resistencias.

b. El cobre es un metal que presenta una celda unidad cúbica centrada en las caras (ver figura). La longitud de la arista es de 3,61 Å. Calcula la densidad del cobre metálico en g/cm^3.



Una pieza importante en los calefones es el ánodo de sacrificio de magnesio. Se trata de una barra de magnesio que se coloca dentro del tanque, y se usa para proteger las piezas de acero.

c. Escribe la semirreacción de oxidación del magnesio, para dar Mg^{2+}.

d. El ánodo de magnesio se oxida debido a la presencia de dioxígeno disuelto en el agua. Escribe las ecuaciones que representan la reducción de dioxígeno a agua, a pH 6 y pH 9.

pH 6:

pH 9:

e. Indica con una cruz cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:

- ❑ el número de oxidación del oxígeno cambia de I a II
- ❑ se transfieren 4 electrones por cada mol de oxígeno que reacciona
- ❑ el hidrógeno del agua cambia su número de oxidación de 0 a I

f. Calcula el potencial estándar de la reacción entre una barra de magnesio y el oxígeno disuelto en agua considerando que su presión es de 1 atm. $E°$ Mg^{2+}/Mg = –2,38 V y $E°$ O_2/H_2O = 1,23 V.

g. El ánodo de magnesio debe ser sustituido por uno nuevo de forma periódica. Calcula la cantidad de carga generada en el proceso de corrosión de un ánodo de magnesio de 520 g, que perdió el 5 % de su masa en el proceso.

PROBLEMA 3

Una de las consecuencias del uso de agua mezclada con mayor concentración de aniones es el aumento de la dureza del agua. Normalmente la dureza del agua se expresa como cantidad equivalente de carbonato de calcio presente y se calcula como la suma de las cantidades de calcio y magnesio presentes (en mg) por litro de agua. Una de las consecuencias es la precipitación de carbonato de calcio y magnesio sobre las resistencias de calefones y otros calentadores eléctricos, como las jarras.

a. En una muestra de agua de un calefón se determinó la concentración de cationes magnesio y calcio, encontrándose valores de 0,005 M y 0,008 M. Determine la dureza total e indique si cumple con el límite impuesto por el decreto bromatológico (500 mg/L).

La dureza total determinada se encuentra dentro de los valores aceptados: sí ❑ no ❑

En la determinación de la dureza del agua se puede también hacer una distinción entre dureza temporal (proveniente de carbonatos) y dureza permanente (proveniente de otras fuentes) que generalmente es debida a la presencia de aniones sulfato y cloruro.

b. Dibuja la estructura de Lewis los aniones carbonato y sulfato. Indica la geometría molecular.

Carbonato CO_3^{2-}	Sulfato SO_4^{2-}
Geometría:	Geometría:

El contenido de cloruro en el agua se puede determinar por precipitación con una sal soluble de plata.

c. Escribe la reacción de disolución de cloruro de plata. Incluye los estados de agregación.

d. Determina el volumen (en mL) de solución 0,1 M de nitrato de plata que será necesario utilizar para precipitar todo el cloruro presente en 100 mL de agua corriente si el agua corriente contiene 0,0207 mol/L de cloruro. Considera que el rendimiento de la reacción es del 100%.

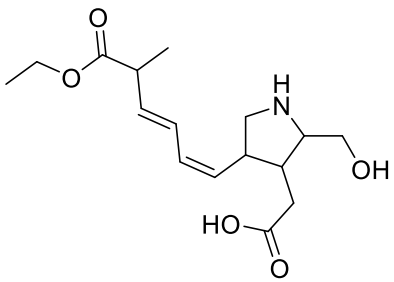
e. Calcula la masa de nitrato de plata necesaria para preparar 50 mL de una solución 0,1 mol/L.

PROBLEMA 4

El uso de mayores proporciones de agua salobre en el agua corriente no solamente aumenta los niveles de iones como Cl^- y Na^+, a su vez compuestos orgánicos típicamente encontrados en lechos marinos pueden hacerse presentes. Tal es el caso de toxinas generadas por organismos marinos como el ácido domóico.

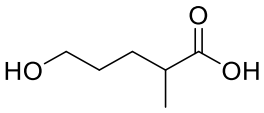
a. El ácido domóico, es un compuesto químico producido por un género de algas unicelulares llamado *Pseudo-nitzschia*. En general estas toxinas se acumulan en moluscos que se alimentan de las algas y es a través de estos moluscos que se producen intoxicaciones en humanos. A continuación, se presenta un derivado del ácido domóico, señala en la figura los grupos funcionales presentes con un círculo e **indica la letra correspondiente a ese grupo funcional**, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona. Si un grupo aparece más de una vez, **señala cada uno de ellos**.

a- **Alcohol**
b- **Alqueno**
c- **Aldehído**
d- **Cetona**
e- **Éster**
f- **Ácido carboxílico**
g- **Alquino**
h- **Amida**
i- **Amina**

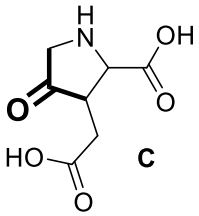


b. Los compuestos **A**, **B y C**, son compuestos de degradación del ácido domóico:

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto **A** y dibuja la estructura del compuesto **B**.

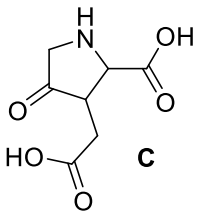
Compuesto **A**		
Compuesto **B**		3-Metil-2-buten-1-ol

ii. La degradación hasta el compuesto **C**, involucra una oxidación de la cadena lateral, generando un nuevo grupo funcional marcado en negrita. ¿Cuál es el nombre de este grupo funcional?



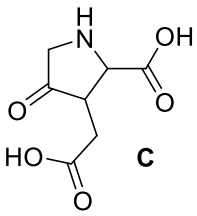
C

iii. Indica dos isómeros de posición del compuesto **C**.

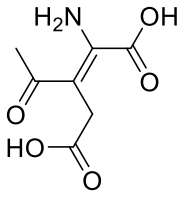


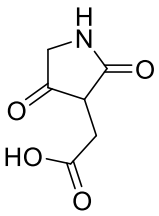
C

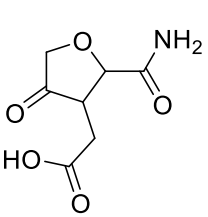
iv. De los siguientes compuestos, indica cuáles son isómeros de **C**.

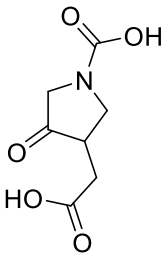


C









Es isómero de **C**:

DATOS

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

Constante de Avogadro: N = 6,023 x 10^{23} partículas/mol

Constante de Faraday F = 96500 C/mol

Intensidad de corriente 1 A = 1 C/s

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 x 10^{-8} cm

1 cm^3 = 1 mL

$V_{cubo} = (arista)^3$

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	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 –

Nombre: _____

Cédula de Identidad: _____

Liceo: _____

Departamento: _____

Programa Olimpíada Uruguaya de Química
FACULTAD DE QUÍMICA - UDELAR

XIX OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 1

Planilla de corrección

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

El agua potable es aquella que es apta para la alimentación y uso doméstico o de industrias alimentarias, comprendiendo el agua corriente y el agua de pozo, manantial o aljibe, que cumpla con determinadas características sensoriales (olor y sabor), físicas, químicas (concentraciones, límite de iones y otras especies) y microbiológicas (límites para bacterias, hongos, etc.). Además, la Constitución Uruguaya establece en el art. 47 que "el agua es un recurso natural esencial para la vida. El acceso al agua potable y el acceso al saneamiento, constituyen derechos humanos fundamentales".

Este año Uruguay sufrió la crisis hídrica más extensa desde que existen registros, debido a un agotamiento de las reservas de agua bruta. Varios científicos han estudiado tanto las causas de dicha crisis, así como también trabajan en el análisis de las fuentes de agua de nuestro país, las redes de agua de consumo y los métodos para análisis y purificación de forma de tener agua de calidad.

PROBLEMA 1

a. En la siguiente tabla encontrarás los valores máximos permitidos de algunas sustancias, para que el agua sea considerada potable (establecidos por el decreto bromatológico). Escribe el símbolo de los elementos o la fórmula de los iones, según corresponda. Para los elementos, señala en qué bloque de la tabla periódica se encuentran, el período y grupo.

		Símbolo/fórmula	**Bloque**	**Grupo**	**Período**
Dureza total en $CaCO_3$	Máximo 500 mg/L	CO_3^{2-}			
Cloruros	Máximo 300 mg/L				
Sulfatos	Máximo 400 mg/L				
Cobre	Máximo 1 mg/L				
Manganeso	Máximo 0,1 mg/L				
Aluminio	Máximo 0,5 mg/L				
Hierro	Máximo 0,3 mg/L				

Zinc	Máximo 5 mg/L				
Sodio	Máximo 200 mg/L				
Fósforo como P_2O_5	Máximo 0,4 mg/L				
Nitratos	Máximo 10 mg/L				

b. Nombra las siguientes sustancias

$CaCO_3$	
P_2O_5	

c. Además, el decreto limita la cantidad de contaminantes tóxicos que pueden estar presentes. Entre ellos se encuentran algunos elementos pesados como ser el arsénico, cadmio, plomo. Escribe las ecuaciones de decaimiento radiactivo de los isótopos que se indican a continuación:

Decaimiento β^+ de ^{101}Cd	
Decaimiento β^- de ^{76}As	
Decaimiento α de ^{181}Pb	

d. Completa el siguiente cuadro

Símbolo			$^{181}_{82}Pb^{2+}$
número de protones		33	
número de electrones	46	30	
número de neutrones	53	43	
carga	+2		

Existen numerosos casos reportados en los que el arsénico se encuentra en altos niveles en las aguas subterráneas y esto hace que no sean aptas para su consumo. El elemento puede estar presente en distintos estados de oxidación (–III, 0, +III, +V). En las aguas subterráneas están presentes las especies inorgánicas As(III) y As(V). Los compuestos de As inorgánico son extremadamente tóxicos, siendo la especie As(III) la más tóxica, mientras que los compuestos orgánicos del As, presentes generalmente en alimentos como pescados y mariscos han resultado menos perjudiciales para la salud.

e. Formula los siguientes compuestos:

Óxido de As(III)	
Óxido de As(V)	
Sulfato de sodio	
Cloruro de calcio	

f. En un medio fuertemente ácido, el óxido de arsénico(V) forma el ácido arsénico (H_3AsO_4). Escribe la ecuación química que describe dicha reacción.

g. Calcula la composición porcentual en peso del ácido arsénico.

% de H _____ % de As _____ % de O _____

Las Organización Mundial de la Salud establece que el valor máximo permitido de arsénico en agua potable es de 0,010 mg/L. Cuando la concentración es mayor, se debe proceder a algún método de purificación. Uno de los más comunes es la floculación con tricloruro de hierro ($FeCl_3$). El $FeCl_3$ se disuelve en agua y puede formar distintas especies según el pH.

h. Escribe la ecuación entre $FeCl_3$ y agua para dar lugar a la formación de $Fe(OH)_3$ sólido.

Además del $Fe(OH)_3$, se pueden formar especies cargadas positivamente, por ejemplo $Fe(OH)^{2+}$, que puede interactuar con los oxoaniones de arsénico y hacer que precipite, como en la siguiente reacción:

$$Fe(OH)^{2+} + HAsO_4^{2-} \rightarrow FeAsO_4 + H_2O$$

i. En una fuente de agua subterránea se detectó que el nivel de arsénico es de 0,030 mg/L. Calcula la masa de $FeCl_3$ que se debe utilizar para que el nivel de arsénico alcance el valor aceptado, por cada metro cúbico de agua.

j. Esta precipitación se da a valores de pH cercanos a 7, lo cual es común en aguas subterráneas. Calcula la concentración de H^+ de dicho depósito de agua, en mol/L.

PROBLEMA 2

La fuente de agua que alimenta a la región suroeste de Uruguay es la cuenca del río Santa Lucía. La represa de Paso Severino puede acumular un total de 63,5 millones de metros cúbicos de agua. Las sequías de los últimos tres años provocaron que se redujera el volumen de agua acumulado y por lo tanto se puso en riesgo la alimentación a las redes de distribución de la región. Para poder mantener un caudal de agua adecuado, se recurrió a mezclar agua dulce con agua proveniente de una zona cercana al Río de la Plata, cuya salinidad es mayor. Esto provocó que los niveles de sodio y de cloruro en el agua aumentaran considerablemente. Asimismo, se elevaron los valores permitidos de sodio y cloruro en el agua de red, hasta máximos de 440 y 750 mg/L respectivamente.

a. Reportes de las líneas de bombeo de OSE del 1 de junio de 2023 indican que en la línea 4 el promedio de sodio fue de 448 mg/L y el de cloruro 734 mg/L. Calcula la concentración de sodio en mol/L.

b. Indica con una cruz cuál de las siguientes opciones es correcta, para un litro de agua de la línea 4.

- ❑ Contiene 0,019 moléculas de Cl_2
- ❑ Contiene $1,2 \times 10^{22}$ aniones Cl^-
- ❑ Contiene 734000 átomos de cloro

Los elevados valores de sodio pueden afectar muy negativamente la salud de las personas hipertensas. Para disminuir los riesgos, y bajar los costos asociados a comprar agua embotellada, una familia decide mezclar el agua corriente con agua mineral que contiene 24 mg de sodio por litro.

c. Calcula el volumen de agua mineral que se debe agregar a un litro de agua corriente (con 448 mg/L de sodio) para obtener agua con una concentración de sodio de 200 mg/L. Considera que los volúmenes son aditivos.

Uno de los métodos utilizados a nivel mundial para reducir la salinidad del agua es la ósmosis inversa. En este proceso, se hace pasar el agua a presión a través de una membrana con poros entre 0,0001 a 0,001 µm que retiene las sustancias disueltas en agua y deja pasar el agua purificada. Previo al proceso de ósmosis inversa el agua debe ser tratada para eliminar materia orgánica y partículas de gran tamaño utilizando otros métodos, de forma de mantener una buena eficiencia en el proceso de membrana.

d. Se toma una muestra de agua natural que contiene lodos, óxidos de hierro (magnéticos) y cloruro de sodio disuelto. Diseña un procedimiento que permita separar cada componente por separado explicitando el orden de realización de las operaciones de separación.

e. Si luego de filtrada se hace pasar el agua de la línea 4 de OSE por un equipo de ósmosis inversa que es capaz de retener el 99% de las sales disueltas, calcula la concentración en mol/L de sodio en el agua purificada.

PROBLEMA 3

Una de las consecuencias del uso de agua mezclada con mayor concentración de aniones es el aumento de la dureza del agua. Normalmente la dureza del agua se expresa como cantidad equivalente de carbonato de calcio presente y se calcula como la suma de las cantidades de calcio y magnesio presentes (en mg) por litro de agua. Una de las consecuencias es la precipitación de carbonato de calcio y magnesio sobre las resistencias de calefones y otros calentadores eléctricos, como las jarras.

a. En una muestra de agua de un calefón se determinó la concentración de cationes magnesio y calcio, encontrándose valores de 0,005 M y 0,008 M. Determine la dureza total e indique si cumple con el límite impuesto por el decreto bromatológico (500 mg/L).

La dureza total determinada se encuentra dentro de los valores aceptados: sí ❑ no ❑

En la determinación de la dureza del agua se puede también hacer una distinción entre dureza temporal (proveniente de carbonatos) y dureza permanente (o no proveniente de carbonatos) que generalmente es debida a la presencia de aniones sulfato y cloruro.

b. Dibuja la estructura de Lewis para la molécula de agua y el anión carbonato.

Agua	Carbonato CO_3^{2-}

El contenido de cloruro en el agua se puede determinar por precipitación con una sal soluble de plata.

c. Escriba la reacción de disolución de cloruro de plata.

d. Determine el volumen (en mL) de solución 0,1 M de nitrato de plata que será necesario utilizar para precipitar todo el cloruro presente en 100 mL de agua corriente si el agua corriente contiene 0,0207 mol/L de cloruro. Considera que el rendimiento de la reacción es del 100%.

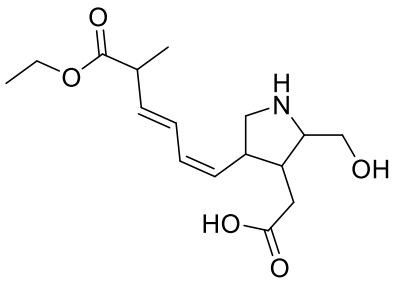
e. Calcula la masa de nitrato de plata necesaria para preparar 50 mL de una solución 0,1 mol/L.

PROBLEMA 4

El uso de mayores proporciones de agua salobre en el agua corriente no solamente aumenta los niveles de iones como Cl^- y Na^+, a su vez compuestos orgánicos típicamente encontrados en lechos marinos pueden hacerse presentes. Tal es el caso de toxinas generadas por organismos marinos como el ácido domóico.

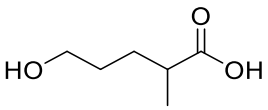
a. El ácido domóico, es un compuesto químico producido por un género de algas unicelulares llamado *Pseudo-nitzschia*. En general estas toxinas se acumulan en moluscos que se alimentan de las algas y es a través de estos moluscos que se producen intoxicaciones en humanos. A continuación, se presenta un derivado del ácido domóico, señala en la figura los grupos funcionales presentes con un círculo e **indica la letra correspondiente a ese grupo funcional**, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona. Si un grupo aparece más de una vez, **señala cada uno de ellos**.

a- **Alcohol**
b- **Alqueno**
c- **Aldehído**
d- **Cetona**
e- **Éster**
f- **Ácido carboxílico**
g- **Alquino**
h- **Amida**
i- **Amina**

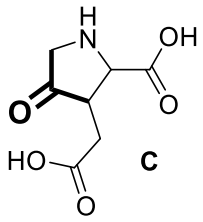


b. Los compuestos **A**, **B y C**, son compuestos de degradación del ácido domóico:

i. Indica el nombre IUPAC del compuesto **A** y dibuja la estructura del compuesto **B**.

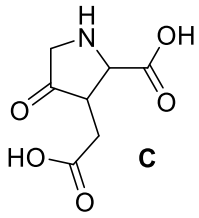
Compuesto **A**		
Compuesto **B**		3-Metil-2-buten-1-ol

ii. La degradación hasta el compuesto **C**, involucra una oxidación de la cadena lateral, generando un nuevo grupo funcional marcado en negrita. ¿Cuál es el nombre de este grupo funcional?

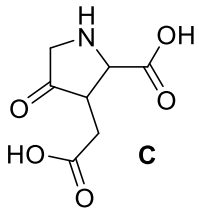


C

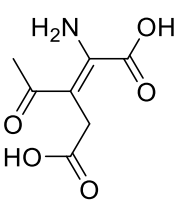
iii. Indica dos isómeros de posición del compuesto **C**.

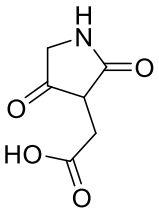


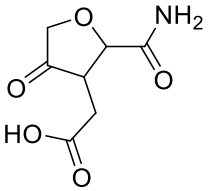
iv. De los siguientes compuestos, indica cuáles son isómeros de **C**.

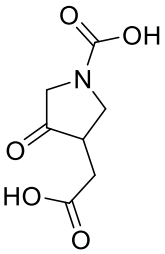


Es isómero de **C**:









DATOS

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

Constante de Avogadro: N = 6,023 x 10^{23} partículas/mol

Constante de Faraday F = 96500 C/mol

Intensidad de corriente 1 A = 1 C/s

1 Å = 1 x 10^{-10} m = 1 x 10^{-8} cm

1 cm^3 = 1 mL

$V_{cubo} = (arista)^3$

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	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 –

POUQ Facultad de Química UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

XXVIII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - 2024

Prueba teórica - NIVEL 2

Datos del estudiante

Nombre	
Cédula de identidad	
Ciudad de origen	
Ciudad donde toma la prueba	
Departamento	
Institución	
Año que cursa	

Planilla de corrección

1a	1b	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	3a	3b	3c

3d	3e	3f	3g	3h						TOTAL	

AÑO INTERNACIONAL DE LOS CAMÉLIDOS 2024

Las Naciones Unidas declararon el año 2024 Año Internacional de los Camélidos con el objetivo de poner en manifiesto la importancia de estos como recurso de subsistencia para millones de hogares de más de 90 países.

Los camélidos son una familia de mamíferos que se distribuye en tres géneros, Camelus (camellos y dromedarios), Lama (llamas y guanacos) y Vicugna (alpacas y vicuñas).

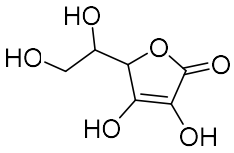
EJERCICIO 1: LOS CAMÉLIDOS EN LA CULTURA Y LA ECONOMÍA

La contribución de los camélidos va desde la seguridad alimentaria al crecimiento económico siendo especialmente relevantes desde el punto de vista cultural para muchas comunidades. Los animales del género Camelus (camellos y dromedario), se distribuyen desde el norte de África hasta Medio Oriente y el suroeste asiático. Cultural y religiosamente han acompañado a las poblaciones de la zona por miles de años, siendo valiosos como animales de transporte, así como por la producción de leche, carne y también otros productos.

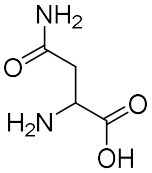
La leche de los camellos es valorada no solo como alimento, sino también por sus capacidades curativas en muchas culturas, dónde se consume para el tratamiento de una infinidad de enfermedades. Lo que sí se sabe de la leche de camello, es que la composición de ácidos grasos, azúcares, proteínas y vitaminas es diferente a la de la leche de otros animales. Particularmente posee cantidades más elevadas de vitamina C y del aminoácido asparagina comparando con la leche bovina (de vaca). A continuación, se presentan las estructuras de la vitamina C (ácido ascórbico) y la asparagina.

a) **Identifica y señala con un círculo en las estructuras los grupos funcionales presentes e indica la letra correspondiente a ese grupo funcional**, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona. Si un grupo aparece más de una vez, **señala cada uno de ellos**.

a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino
h- Amida
i- Amina



Vitamina C



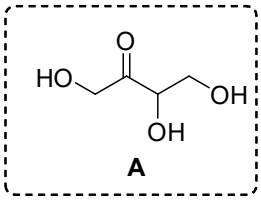
Asparagina

Culturalmente la orina de los camellos también tiene una importancia muy grande. En determinadas zonas se le asignan capacidades para curar enfermedades (con cero evidencias científicas). Lo que sí se sabe es que los compuestos **A** y **B** están presentes en la orina de camello:

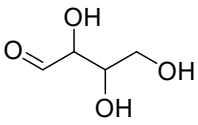
b) Indica el nombre IUPAC del compuesto **A** y dibuja la estructura del compuesto **B**.

Compuesto **A**		
Compuesto **B**		Ácido 4-hidroxi-2-metilbutanoico

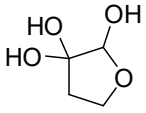
Para los siguientes compuestos indique el tipo de relación que tienen con el compuesto **A**, seleccionándola de la lista. En caso de que haya más de una opción correcta recuerda señalar **solo una**.



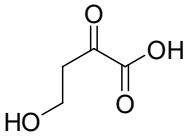
A



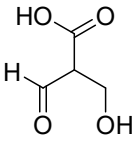
□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



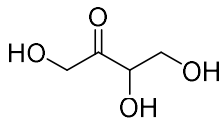
□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.

El compuesto **A** puede ser aislado de la orina de camello y mediante una serie de reacciones químicas se puede obtener el compuesto

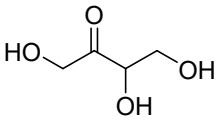
c) Sabiendo que el nombre IUPAC de **C** es 3-amino-4-clorobutan-1,2-diol (también conocido como 3-amino-4-cloro-1,2-butanodiol), indica la estructura del compuesto **C**.



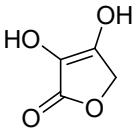
A

C, 3-amino-4-clorobutan-1,2-diol

A partir de **A**, también se puede preparar **D**. Indica si **D** es un isómero de **A** y dibuja la estructura de dos isómeros de **D**.



A



D

¿Es **D** isómero de **A**?:

Isómeros de **D**:

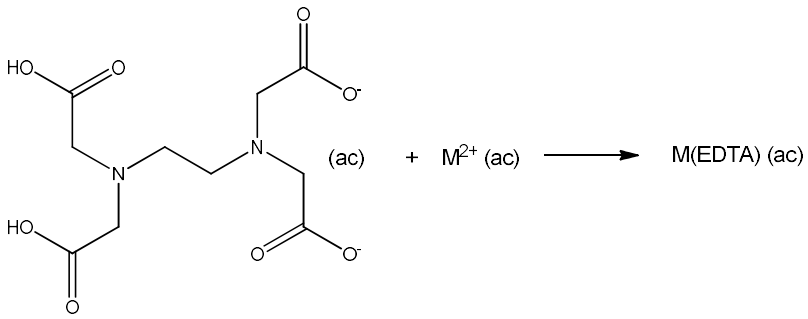
EJERCICIO 2: TRATAMIENTO DE LANA DE VICUÑA

La lana de vicuña es valorada desde tiempos preincaicos por la suavidad del tejido. Antes de ser comercializada, la lana de vicuña es tratada mediante el lavado, blanqueo, fijado, carbonizado, filtrado y tintura, entre otros.

En la primera etapa de lavado, las recomendaciones indican utilizar agua blanda (con muy pequeñas cantidades de sales disueltas). El agua proveniente de lagos, ríos, glaciares o subterránea suele cumplir con esta condición. La mayor preocupación es que el uso de agua dura provoca la precipitación de sólidos que modifican las características sensoriales de la lana, disminuyendo su calidad.

En un laboratorio den Bolivia se desea determinar la dureza total del agua recogida de un río para evaluar su potencial uso para el lavado de lana de vicuña. La dureza total del agua se refiere a la concentración de los cationes calcio y magnesio disueltos. El procedimiento utilizado en Bolivia es el mismo que en el Ministerio de Ambiente de Uruguay donde se realiza una valoración con una solución de etilendiaminotetraacetato en presencia un indicador.

La reacción química de la valoración, donde M^{2+} es el catión calcio o magnesio, es:



etilendiamonotetraacetato ($EDTA^{2-}$)

a) Para realizar el ensayo se debe preparar una solución de EDTA a partir del reactivo disódico dihidratado ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$). Determina la masa de reactivo a utilizar para la preparación de 250 mL de solución 0,001 mol/L.

b) Se Se toma 50 mL de agua de un lago y se lo hace reaccionar con la solución de EDTA 0,001 mol/L preparada en la parte anterior. La reacción se completa al agregar 8,25 mL. Indica la concentración de cationes M^{2+} presente en la solución.

$[M^{2+}]$:_____ mol/L

La dureza se expresa como la masa de carbonato de calcio equivalente, que se formaría si todos los cationes M^{2+} fueran calcio, por volumen de agua en L.

c) El valor máximo permitido de dureza total en agua, expresado como masa de $CaCO_3$, es de 500 mg/L. Indica si el agua estudiada puede ser clasificada como agua dura. Si no pudiste calcular la parte anterior puedes considerar que la concentración de M^{2+} es 0.05 mol/L.

Dureza total:_____ mg $CaCO_3$/L Supera el límite: Sí ❑ No ❑

Se realizó un análisis elemental de lana de vicuña para determinar el porcentaje de C, H, N y S de la muestra, constituyentes básicos de la queratina presente en la fibra. Para ello se realiza la combustión de la muestra y secado recogiendo los gases en diferentes absorbentes específicos. Los gases se hacen pasar por distintos tubos de secado, el primero contiene cloruro de calcio anhidro, capaz de absorber el agua formada. El segundo contiene hidróxido de sodio, que absorbe el dióxido de carbono. Los óxidos de nitrógeno y azufre se convierten completamente a NO_2 y SO_2 que se absorben en compuestos específicos.

Se pesa una muestra de lana de 0,500 g y se observan los siguientes aumentos de masa en los tubos de secado:

- Tubo 1: 0,045 g
- Tubo 2: 0,880 g
- Tubo 3: 0,032 g (se sabe además que el N representa el 80% de la masa total capturada en este absorbente)

d) Calcula el porcentaje en masa de carbono (C), hidrógeno (H) y nitrógeno (N) en la muestra de lana de vicuña.

% C: _____ % H: _____ % N:_____

El blanqueo de la lana se suele llevar a cabo con agentes reductores como el ácido sulfuroso o bisulfito. Por otra parte, el blanqueo con agentes oxidantes como el peróxido de hidrógeno, persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) y permanganato de potasio necesita que la lana a ser tratada se encuentre desengrasada y limpia.

e) Determina el potencial estándar si se mezcla una solución 1 M de persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) y 1 M de dióxido de manganeso sabiendo que E° MnO_4^-/MnO_2 = 1,70 V y E°$S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ = 2,07 V. Indica cuál es el agente oxidante y cuál el agente reductor.

Agente reductor: Agente oxidante:

f) Iguala la ecuación química que representa la reacción entre el dióxido de manganeso y persulfato de potasio para dar permanganato de potasio y persulfato de potasio en medio ácido clorhídrico. No es necesario indicar los estados de agregación.

Luego del blanqueo de la lana suele realizarse un proceso de carbonizado que implica el tratamiento de la fibra con ácidos o sales de forma de deshidratar el tejido, el proceso se completa al someter el tejido impregnado en la solución ácida a una temperatura de 105-115 °C durante tres minutos. Los compuestos más comúnmente utilizados en este proceso son el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico, el sulfato ácido de sodio, el cloruro de aluminio o el cloruro de magnesio.

g) Formula los compuestos mencionados en el texto

Ácido sulfúrico	
Ácido clorhídrico	
Sulfato ácido de sodio	
Cloruro de aluminio	
Cloruro de magnesio	

EJERCICIO 3: SUBPRODUCTOS DE LOS CAMÉLIDOS

En la región de la cordillera de los Andes en Bolivia, el drenaje perenne de las minas abandonadas de plata y estaño está contaminando la principal fuente de agua de la capital, La Paz. Parte de esta agua contaminada es utilizada por los residentes para fines domésticos y agrícolas.

Los isótopos estables del estaño incluyen a: ^{112}Sn (0,97%), ^{114}Sn (0,66%), ^{115}Sn (0,34%), ^{116}Sn (14,54%), ^{117}Sn (7,68%), ^{118}Sn (24,22%), ^{119}Sn (8,59%), ^{120}Sn (32,58%), ^{122}Sn (4,63%) y ^{124}Sn (5,79%).

a) Determinar el peso atómico del estaño teniendo en cuenta la composición isotópica descrita.

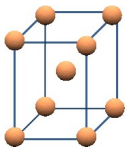
El excremento de los camélidos en los Andes ha sido utilizado también para tratar estas aguas contaminadas ácidas y para reducir los metales pesados como el arsénico, cadmio, hierro, zinc y plomo.

b) Escribe la configuración electrónica del cadmio elemental y el catión cadmio(II).

c) Escribe la configuración electrónica e indica los 3 números cuánticos que definen a los orbitales de valencia para el arsénico, hierro y zinc.

Elemento	Configuración	Orbitales de valencia	n	l	m_l
As					
Fe					
Zn					

El hierro elemental, a temperatura ambiente, presenta una estructura de tipo cúbica centrada en el cuerpo, como se muestra en la figura.



d) Considerando que el lado de la arista del cubo es 2,87 Å, calcula la densidad en g/cm^3 del hierro a temperatura ambiente.

El excremento de llama también es utilizado luego de un proceso de secado y compactación como combustible natural para reacciones de combustión. En un estudio de 2023 se determinó que la capacidad calorífica del excremento de las llamas de la zona de Arequipa es de 4318,18 cal/g.

e) Determina el calor liberado, en kJ, al realizar la combustión de 100 g de excremento de llama.

Los camélidos alimentados con follaje producen mayores niveles de metano que el ganado ovino sobre el nivel del mar. El metano, el dióxido de carbono y el monóxido de dinitrógeno, son de los tres gases más importantes para el efecto invernadero debido a su capacidad de absorber radiación en el rango infrarrojo y aumentar su temperatura.

f) Se estudia una muestra de gas de una zona cercana a un campo de producción de alpacas. Se realiza una toma en un recipiente cerrado de 2 L con una presión total de 1,2 atm. En la siguiente tabla se indica la fracción molar de los gases de efecto invernadero en la muestra. Indica la estructura de Lewis para los tres gases mencionados, su polaridad y la hibridación del átomo central.

Gas	Fracción molar	Estructura de Lewis
Metano	0,020	
Dióxido de Carbono	0,042	

Monóxido de dinitrógeno	0,001	

g) Determina las presiones parciales de metano, dióxido de carbono y monóxido de dinitrógeno en la mezcla de aire.

El monóxido de dinitrógeno, óxido nitroso, conocido también como gas de la risa se puede obtener haciendo reaccionar amoníaco con ácido nítrico, según la siguiente reacción:

$$NH_3 + HNO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$

h) Se hace reaccionar 20 mL de una solución 14 mol/L de amoníaco y 30 mL de una solución 12 mol/L de ácido nítrico. Calcula el rendimiento de la reacción si se recogió un volumen de 5 L sobre agua a 25 °C. Considera que la presión atmosférica es de 1 atm y la presión de vapor de agua a 25 °C es 0,0313 atm.

Datos y constantes

Volumen de un cubo $V = a^3$

1 Å – 10^{-10} m – 10^{-8} cm

1 cal – 4,18 J

R = 0,082 L.atm/mol.K

Tabla Periódica de los Elementos

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	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 –

POUQ Facultad de Química UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

XXVIII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - 2024

Prueba teórica - NIVEL 1

Datos del estudiante

Nombre	
Cédula de identidad	
Ciudad de origen	
Ciudad donde toma la prueba	
Departamento	
Institución	
Año que cursa	

Planilla de corrección

1a	1b	1c	2a	2b	2c	2d	2f	2g	3a	3b	3c

3d	3e	3f	3g	3h	3i	3j	3k			TOTAL	

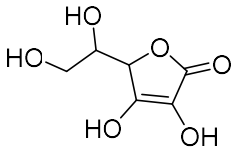
AÑO INTERNACIONAL DE LOS CAMÉLIDOS 2024

Las Naciones Unidas declararon el año 2024 Año Internacional de los Camélidos con el objetivo de poner en manifiesto la importancia de estos como recurso de subsistencia para millones de hogares de más de 90 países.

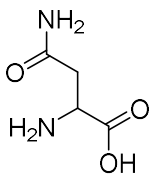
Los camélidos son una familia de mamíferos que se distribuye en tres géneros, Camelus (camellos y dromedarios), Lama (llamas y guanacos) y Vicugna (alpacas y vicuñas).

a) **Identifica y señala con un círculo en las estructuras los grupos funcionales presentes e indica la letra correspondiente a ese grupo funcional**, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona. Si un grupo aparece más de una vez, **señala cada uno de ellos**.

- **a- Alcohol**
- **b- Alqueno**
- **c- Aldehído**
- **d- Cetona**
- **e- Éster**
- **f- Ácido carboxílico**
- **g- Alquino**
- **h- Amida**
- **i- Amina**



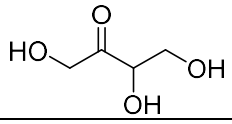
Vitamina C



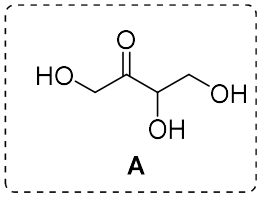
Asparagina

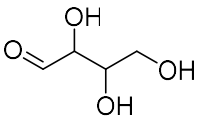
Culturalmente la orina de los camellos también tiene una importancia muy grande. En determinadas zonas se le asignan capacidades para curar enfermedades (con cero evidencias científicas). Lo que sí se sabe es que los compuestos **A** y **B** están presentes en la orina de camello:

b) Indica el nombre IUPAC del compuesto **A** y dibuja la estructura del compuesto **B**.

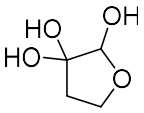
Compuesto **A**		
Compuesto **B**		Ácido 4-hidroxi-2-metilbutanoico

Para los siguientes compuestos indique el tipo de relación que tienen con el compuesto **A**, seleccionándola de la lista. En caso de que haya más de una opción correcta recuerda señalar **solo una**.

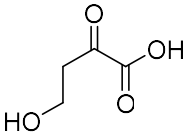

A



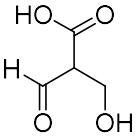
□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



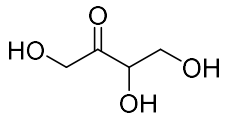
□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.

El compuesto **A** puede ser aislado de la orina de camello y mediante una serie de reacciones químicas se puede obtener el compuesto

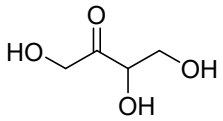
c) Sabiendo que el nombre IUPAC de **C** es 3-amino-4-clorobutan-1,2-diol (también conocido como 3-amino-4-cloro-1,2-butanodiol), indica la estructura del compuesto **C**.



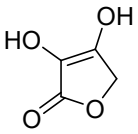
A

C, 3-amino-4-clorobutan-1,2-diol

A partir de **A**, también se puede preparar **D**. Indica si **D** es un isómero de **A** y dibuja la estructura de dos isómeros de **D**.



A



D

¿Es **D** isómero de **A**?:

Isómeros de **D**:

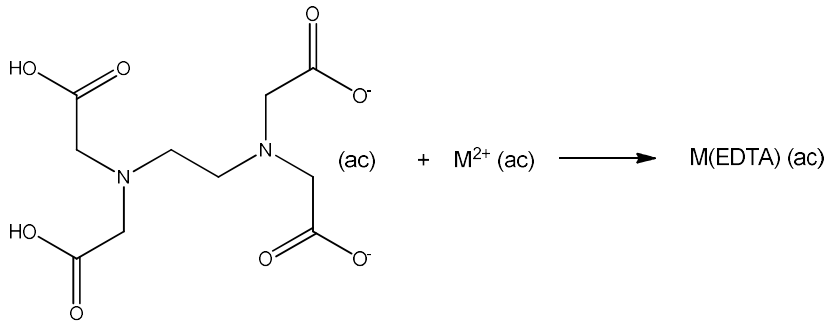
EJERCICIO 2: LA LANA DE VICUÑA

La vicuña, del quechua wik'uña, es una especie de mamífero que vive en las alturas andinas de Sudamérica. La lana de vicuña es valorada desde tiempos preincaicos por la suavidad del tejido. Antes de ser comercializada, la lana de vicuña es tratada mediante el lavado, blanqueo, fijado, carbonizado, filtrado y tintura, entre otros.

En la primera etapa de lavado, las recomendaciones indican utilizar agua blanda (con muy pequeñas cantidades de sales disueltas). El agua proveniente de lagos, ríos, glaciares o subterránea suele cumplir con esta condición. La mayor preocupación es que el uso de agua dura provoca la precipitación de sólidos que modifican las características sensoriales de la lana, disminuyendo su calidad.

En un laboratorio den Bolivia se desea determinar la dureza total del agua recogida de un río para evaluar su potencial uso para el lavado de lana de vicuña. La dureza total del agua se refiere a la concentración de los cationes calcio y magnesio disueltos. El procedimiento utilizado en Bolivia es el mismo que en el Ministerio de Ambiente de Uruguay donde se realiza una valoración con una solución de etilendiaminotetraacetato en presencia un indicador.

La reacción química de la valoración, donde M^{2+} es el catión calcio o magnesio, es:



etilendiamonotetraacetato ($EDTA^{2-}$)

a) Determina el peso fórmula del etilendiaminotetraacetato disódico dihidratado sabiendo que su fórmula es: $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$.

b) Calcula la cantidad de moléculas de agua que se encuentran contenidas en 100 g de etilendiaminotetraacetato disódico dihidratado, $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$.

c) Se desea preparar una solución de EDTA a partir del reactivo disódico dihidratado, $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$. Determina la masa de reactivo a utilizar para la preparación de 250 mL de solución 0,001 mol/L.

d) Se toma 50 mL de agua de un lago y se lo hace reaccionar con la solución de EDTA 0,001 mol/L preparada en la parte anterior. La reacción se completa al agregar 8,25 mL. Indica la concentración de cationes M^{2+} en la solución.

$[M^{2+}]$:_____ mol/L

La dureza se expresa como la masa de carbonato de calcio equivalente, que se formaría si todos los cationes M^{2+} fueran calcio, por volumen de agua en L.

e) El valor máximo permitido de dureza total en agua, expresado como masa de $CaCO_3$, es de 500 mg/L. Indica si el agua estudiada puede ser clasificada como agua dura. Si no pudiste calcular la parte anterior puedes considerar que la concentración de M^{2+} es 0,05 mol/L.

Dureza total:_____ mg $CaCO_3$/L Supera el límite: Sí ❑ No ❑

Luego del blanqueo de la lana suele realizarse un proceso de carbonizado que implica el tratamiento de la fibra con ácidos o sales de forma de deshidratar el tejido, el proceso se completa al someter el tejido impregnado en la solución ácida a una temperatura de 105-115 °C durante tres minutos. Los compuestos más comúnmente utilizados en este proceso son el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico, el sulfato ácido de sodio, el cloruro de aluminio o el cloruro de magnesio.

f) Formula los compuestos mencionados en el texto

Ácido sulfúrico	
Ácido clorhídrico	
Sulfato ácido de sodio	
Cloruro de aluminio	
Cloruro de magnesio	

EJERCICIO 3: SUBPRODUCTOS DE LOS CAMÉLIDOS

En la región de la cordillera de los Andes en Bolivia, el drenaje perenne de las minas abandonadas de plata y estaño está contaminando la principal fuente de agua de la capital, La Paz. Parte de esta agua contaminada es utilizada por los residentes para fines domésticos y agrícolas.

Los isótopos estables del estaño incluyen a: ^{112}Sn (0,97%), ^{114}Sn (0,66%), ^{115}Sn (0,34%), ^{116}Sn (14,54%), ^{117}Sn (7,68%), ^{118}Sn (24,22%), ^{119}Sn (8,59%), ^{120}Sn (32,58%), ^{122}Sn (4,63%) y ^{124}Sn (5,79%).

a) Determinar el peso atómico del estaño teniendo en cuenta la composición isotópica descrita.

El estaño cuenta también con isótopos radiactivos.

b) Escribe la ecuación correspondiente al decaimiento β^- para el ^{125}Sn.

c) Escribe la ecuación correspondiente al decaimiento β^+ para el ^{100}Sn.

El excremento de llama también es utilizado luego de un proceso de secado y compactación como combustible natural para reacciones de combustión. En un estudio de 2023 se determinó que la capacidad calorífica del excremento de las llamas de la zona de Arequipa es de 4318,18 cal/g.

d) Determina el calor liberado, en cal, al realizar la combustión de 100 g de excremento de llama.

Los camélidos alimentados con follaje producen mayores niveles de metano que el ganado ovino sobre el nivel del mar. El metano, el dióxido de carbono y el monóxido de dinitrógeno, son de los tres gases más importantes para el efecto invernadero debido a su capacidad de absorber radiación en el rango infrarrojo y aumentar su temperatura.

e) Se estudia una muestra de gas de una zona cercana a un campo de producción de alpacas donde se encuentra estos tres gases. Indica la estructura de Lewis para los tres gases mencionados.

Gas	Estructura de Lewis
Metano (CH_4)	
Dióxido de Carbono	

Monóxido de dinitrógeno	

f) Determina la composición porcentual de cada elemento en una muestra de 100 g que contiene 48 % de metano, 44 % de dióxido de carbono y 8 % de monóxido de dinitrógeno.

El monóxido de dinitrógeno, óxido nitroso, conocido también como gas de la risa se puede obtener haciendo reaccionar amoníaco con ácido nítrico, según la siguiente reacción:

$$NH_3 + HNO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$

g) Se hace reaccionar 20 mL de una solución 14 mol/L de amoníaco y 30 mL de una solución 12 mol/L de ácido nítrico. Calcula la cantidad, en mol, de óxido nitroso obtenido si el rendimiento de la reacción es 80 %.

El excremento de los camélidos en los Andes ha sido utilizado también para tratar estas aguas contaminadas ácidas y para reducir los metales pesados como el arsénico, cadmio, hierro, zinc y plomo.

h) Completa la siguiente tabla:

Símbolo		$^{114}_{48}Cd$	$^{56}_{26}Fe^{+2}$		$^{206}_{82}Pb$
número de protones	33			30	
número de electrones	28				
número de neutrones	42			34	
carga				0	

i) Plantea la reacción de obtención de óxido de arsénico(IV) y dióxido de plomo, incluyendo los estados de agregación.

j) Plantea la ecuación química igualada que representa la reacción de óxido de hierro(III) con agua.

k) Plantea la ecuación para la reacción de hidróxido de zinc(II) y ácido clorhídrico.

Tabla Periódica de los Elementos

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	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 –

XXVIII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - 2024

Prueba teórica - NIVEL 3

Datos del estudiante

Nombre	
Cédula de identidad	
Ciudad de origen	
Ciudad donde toma la prueba	
Departamento	
Institución	
Año que cursa	

Planilla de corrección

1a	1b	1c	1d	1e	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c
3d	**3e**	**3f**	**4a**	**4b**	**4c**	**4d**	**4e**	**4f**	**4g**	**4h**	**TOTAL**

Las Naciones Unidas declararon el año 2024 Año Internacional de los Camélidos con el objetivo de poner en manifiesto la importancia de estos como recurso de subsistencia para millones de hogares de más de 90 países.

Los camélidos son una familia de mamíferos que se distribuye en tres géneros, Camelus (camellos y dromedarios), Lama (llamas y guanacos) y Vicugna (alpacas y vicuñas).

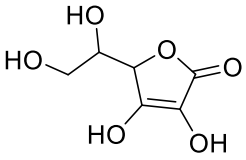
EJERCICIO 1: LOS CAMÉLIDOS EN LA CULTURA Y LA ECONOMÍA

La contribución de los camélidos va desde la seguridad alimentaria al crecimiento económico siendo especialmente relevantes desde el punto de vista cultural para muchas comunidades. Los animales del género Camelus (camellos y dromedario), se distribuyen desde el norte de África hasta Medio Oriente y el suroeste asiático. Cultural y religiosamente han acompañado a las poblaciones de la zona por miles de años, siendo valiosos como animales de transporte, así como por la producción de leche, carne y también otros productos.

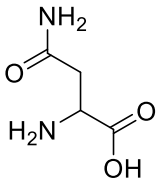
a) La leche de los camellos es valorada no solo como alimento, sino también por sus capacidades curativas en muchas culturas, dónde se consume para el tratamiento de una infinidad de enfermedades. Lo que sí se sabe de la leche de camello, es que la composición de ácidos grasos, azúcares, proteínas y vitaminas es diferente a la de la leche de otros animales. Particularmente posee cantidades más elevadas de vitamina C y del aminoácido asparagina comparando con la leche bovina (de vaca). A continuación, se presentan las estructuras de la vitamina C (ácido ascórbico) y la asparagina. Identifica y señala con un círculo en las estructuras los grupos funcionales presentes e

indica la letra correspondiente a ese grupo funcional, seleccionando los mismos de la lista que se te proporciona. Si un grupo aparece más de una vez, señala cada uno de ellos.

a- Alcohol
b- Alqueno
c- Aldehído
d- Cetona
e- Éster
f- Ácido carboxílico
g- Alquino
h- Amida
i- Amina



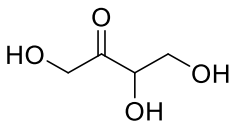
Vitamina C



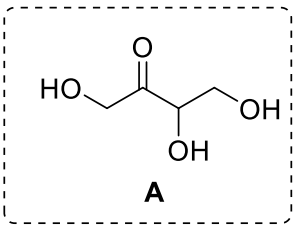
Asparagina

Culturalmente la orina de los camellos también tiene una importancia muy grande. En determinadas zonas se le asignan capacidades para curar enfermedades (con cero evidencias científicas). Lo que sí se sabe es que los compuestos A y B están presentes en la orina de camello:

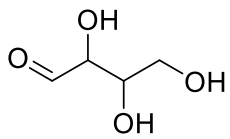
b) Indica el nombre IUPAC del compuesto A y dibuja la estructura del compuesto B.

Compuesto A		
Compuesto B		Ácido 4-hidroxi-2-metilbutanoico

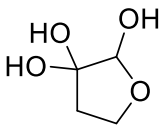
c) Para los siguientes compuestos indique el tipo de relación que tienen con el compuesto A, seleccionándola de la lista. En caso de que haya más de una opción correcta recuerda señalar solo una.



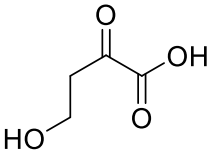
A



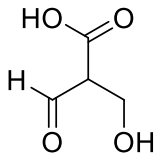
□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.

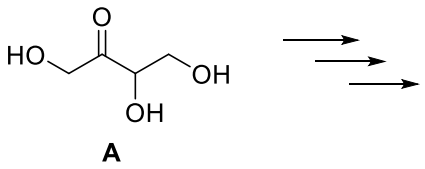


□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.



□ Isómeros de posición.
□ Isómeros de cadena.
□ Isómeros de función.
□ No son isómeros.

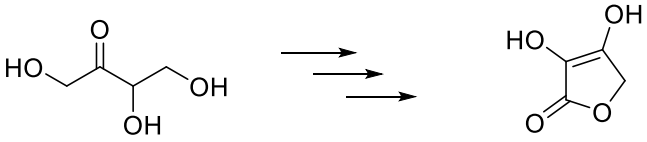
d) El compuesto A puede ser aislado de la orina de camello y mediante una serie de reacciones químicas se puede obtener el compuesto C. Sabiendo que el nombre IUPAC de C es 3-amino-4-clorobutan-1,2-diol (también conocido como 3-amino-4-cloro-1,2-butanodiol), indica la estructura del compuesto C.



A

C, 3-amino-4-clorobutan-1,2-diol

e) A partir de A, también se puede preparar D. Indica si D es un isómero de A y dibuja la estructura de dos isómeros de D.



A **D**

¿Es **D** isómero de **A**?:

Isómeros de **D**:

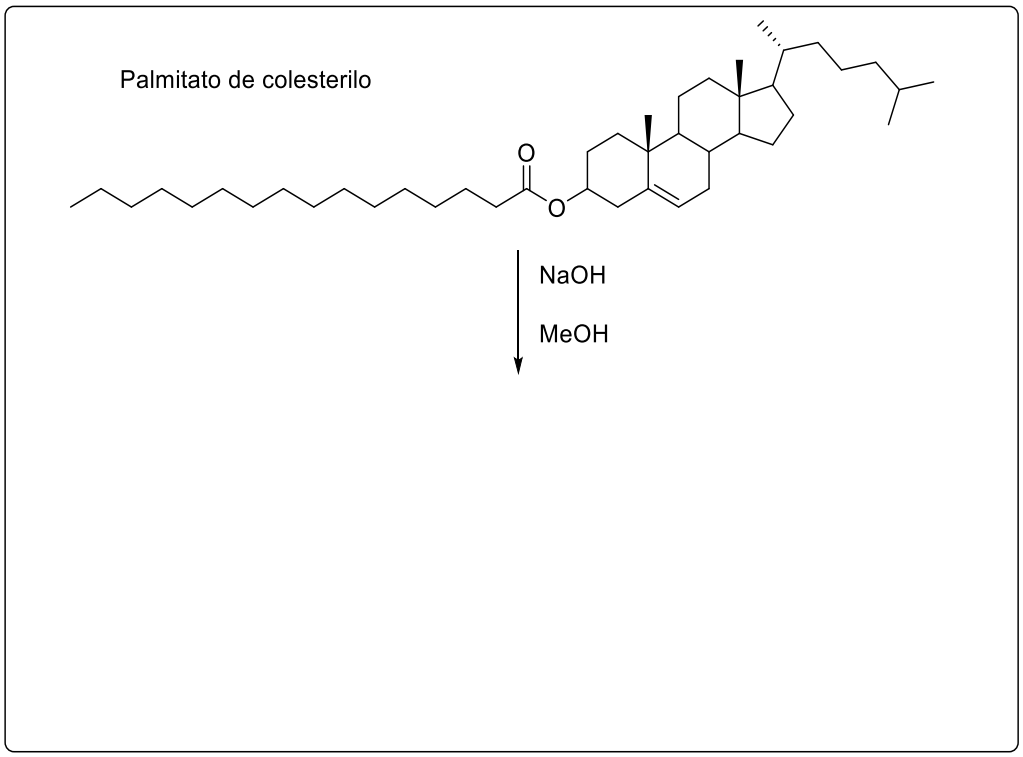
EJERCICIO 2: CAMÉLIDOS COMO FUENTE DE LANA



Los camélidos sudamericanos (géneros Lama y Vicugna) son particularmente valiosos por su lana. La lana de las especies del género Vicugna, es particularmente atractiva debido a su capacidad térmica, suavidad y capacidad hipoalergénica. Un kilogramo de lana de vicuña sin procesar puede llegar a costar hasta 500 dólares.

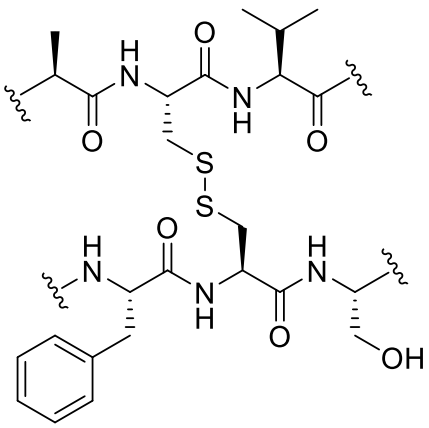
Las razones por la que esta lana tiene estas características tan interesantes se pueden explicar químicamente.

a) Las lanas de camélidos son más hipoalergénicas que la de oveja debido a la carencia o muy baja cantidad de lanolina presente en ellas. La lanolina es una cera que se produce naturalmente para impermeabilizar la lana, particularmente en algunas especies de ovejas. La misma está compuesta por ésteres, ácidos grasos y alcoholes de cadena larga, así como esteroles. El palmitato de colesterilo (ester del ácido palmítico y colesterol) es uno de los componentes de esta mezcla, el cual se puede transesterificar con metanol para su análisis. Indica el resultado de la reacción de transesterificación que se muestra.

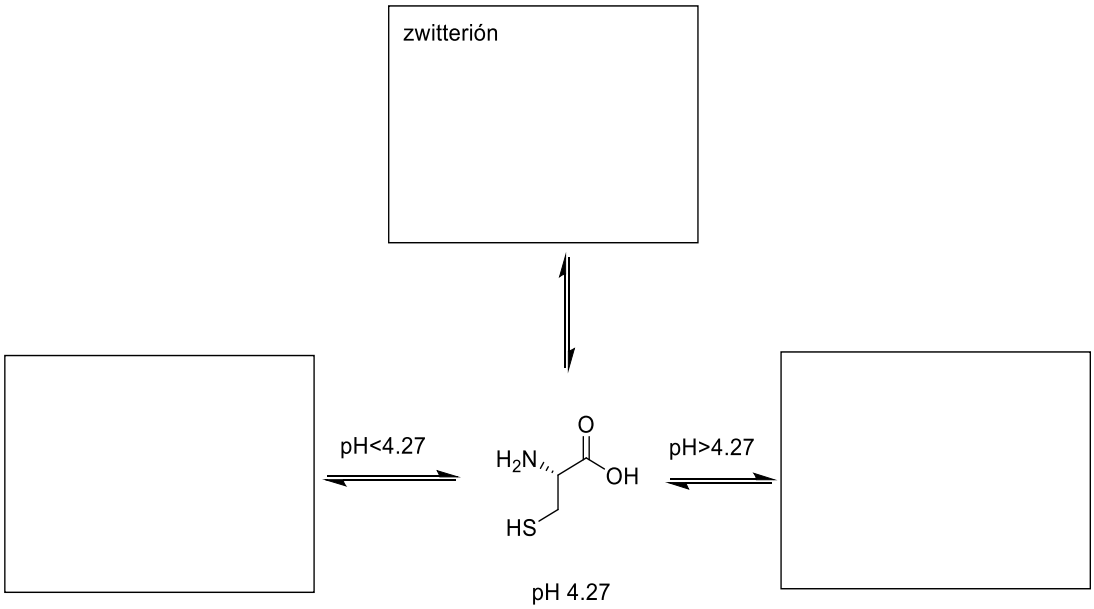


b) Indica el nombre IUPAC del ácido palmítico.

c) Una de las razones por la que la lana de las vicuñas y alpacas es más suave que la de las ovejas es que la queratina (una proteína que compone las fibras de la lana) tiene una composición levemente diferente. La lana de las ovejas tiende a tener mayor cantidad de cisteína y mayor número de puentes disulfuro como se muestra en el esquema. En la siguiente estructura que representa una fracción de la queratina, encierra con un círculo **todos** los enlaces peptídicos presentes.



d) Sabiendo que el punto isoeléctrico de la serina es 4.27, dibuje todos los equilibrios ácido base que ocurren a diferentes pH.



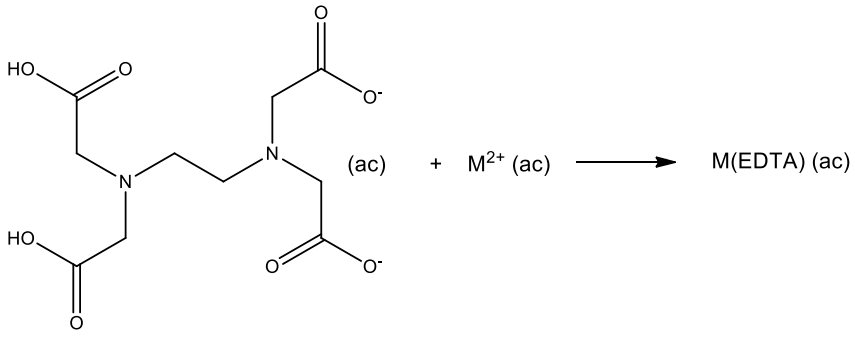
EJERCICIO 3: TRATAMIENTO DE LANA DE VICUÑA

La lana de vicuña es valorada desde tiempos preincaicos por la suavidad del tejido. Antes de ser comercializada, la lana de vicuña es tratada mediante el lavado, blanqueo, fijado, carbonizado, filtrado y tintura, entre otros.

En la primera etapa de lavado, las recomendaciones indican utilizar agua blanda (con muy pequeñas cantidades de sales disueltas). El agua proveniente de lagos, ríos, glaciares o subterránea suele cumplir con esta condición. La mayor preocupación es que el uso de agua dura provoca la precipitación de sólidos que modifican las características sensoriales de la lana, disminuyendo su calidad.

En un laboratorio den Bolivia se desea determinar la dureza total del agua recogida de un río para evaluar su potencial uso para el lavado de lana de vicuña. La dureza total del agua se refiere a la concentración de los cationes calcio y magnesio disueltos. El procedimiento utilizado en Bolivia es el mismo que en el Ministerio de Ambiente de Uruguay donde se realiza una valoración con una solución de etilendiaminotetraacetato en presencia un indicador.

La reacción química de la valoración, donde M^{2+} es el catión calcio o magnesio, es:



etilendiamonotetraacetato ($EDTA^{2-}$)

a) Para realizar el ensayo se debe preparar una solución de EDTA a partir del reactivo disódico dihidratado ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$). Determina la masa de reactivo a utilizar para la preparación de 250 mL de solución 0,001 mol/L.

b) Se Se toma 50 mL de agua de un lago y se lo hace reaccionar con la solución de EDTA 0,001 mol/L preparada en la parte anterior. La reacción se completa al agregar 8,25 mL. Indica la concentración de cationes M^{2+} presente en la solución.

$[M^{2+}]$:_____ mol/L

La dureza se expresa como la masa de carbonato de calcio equivalente, que se formaría si todos los cationes M^{2+} fueran calcio, por volumen de agua en L.

c) El valor máximo permitido de dureza total en agua, expresado como masa de $CaCO_3$, es de 500 mg/L. Indica si el agua estudiada puede ser clasificada como agua dura. Si no pudiste calcular la parte anterior puedes considerar que la concentración de M^{2+} es 0.05 mol/L.

Dureza total:_____ mg $CaCO_3$/L Supera el límite: Sí ❑ No ❑

Se realizó un análisis elemental de lana de vicuña para determinar el porcentaje de C, H, N y S de la muestra, constituyentes básicos de la queratina presente en la fibra. Para ello se realiza la combustión de la muestra y secado recogiendo los gases en diferentes absorbentes específicos. Los gases se hacen pasar por distintos tubos de secado, el primero contiene cloruro de calcio anhidro, capaz de absorber el agua formada. El segundo contiene hidróxido de sodio, que absorbe el dióxido de carbono. Los óxidos de nitrógeno y azufre se convierten completamente a NO_2 y SO_2 que se absorben en compuestos específicos.

Se pesa una muestra de lana de 0,500 g y se observan los siguientes aumentos de masa en los tubos de secado:

- Tubo 1: 0,045 g
- Tubo 2: 0,880 g
- Tubo 3: 0,032 g (se sabe además que el N representa el 80% de la masa total capturada en este absorbente)

d) Calcula el porcentaje en masa de carbono (C), hidrógeno (H) y nitrógeno (N) en la muestra de lana de vicuña.

% C: _____ % H: _____ % N:_____

El blanqueo de la lana se suele llevar a cabo con agentes reductores como el ácido sulfuroso o bisulfito. Por otra parte, el blanqueo con agentes oxidantes como el peróxido de hidrógeno, persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) y permanganato de potasio necesita que la lana a ser tratada se encuentre desengrasada y limpia.

e) Determina el potencial estándar si se mezcla una solución 1 M de persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) y 1 M de dióxido de manganeso sabiendo que E° MnO_4^-/MnO_2 = 1,70 V y E°$S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ = 2,07 V. Indica cuál es el agente oxidante y cuál el agente reductor.

Agente reductor: Agente oxidante:

f) Iguala la ecuación química que representa la reacción entre el dióxido de manganeso y persulfato de potasio para dar permanganato de potasio y persulfato de potasio en medio ácido clorhídrico. No es necesario indicar los estados de agregación.

EJERCICIO 4: SUBPRODUCTOS DE LOS CAMÉLIDOS

En la región de la cordillera de los Andes en Bolivia, el drenaje perenne de las minas abandonadas de plata y estaño está contaminando la principal fuente de agua de la capital, La Paz. Parte de esta agua contaminada es utilizada por los residentes para fines domésticos y agrícolas.

Los isótopos estables del estaño incluyen a: ^{112}Sn (0,97%), ^{114}Sn (0,66%), ^{115}Sn (0,34%), ^{116}Sn (14,54%), ^{117}Sn (7,68%), ^{118}Sn (24,22%), ^{119}Sn (8,59%), ^{120}Sn (32,58%), ^{122}Sn (4,63%) y ^{124}Sn (5,79%).

a) Determinar el peso atómico del estaño teniendo en cuenta la composición isotópica descrita.

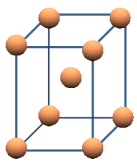
El excremento de los camélidos en los Andes ha sido utilizado también para tratar estas aguas contaminadas ácidas y para reducir los metales pesados como el arsénico, cadmio, hierro, zinc y plomo.

b) Escribe la configuración electrónica del cadmio elemental y el catión cadmio(II).

c) Escribe la configuración electrónica e indica los 3 números cuánticos que definen a los orbitales de valencia para el arsénico, hierro y zinc.

Elemento	Configuración	Orbitales de valencia	n	l	m_l
As					
Fe					
Zn					

El hierro elemental, a temperatura ambiente, presenta una estructura de tipo cúbica centrada en el cuerpo, como se muestra en la figura.



d) Considerando que el lado de la arista del cubo es 2,87 Å, calcula la densidad en g/cm^3 del hierro a temperatura ambiente.

El excremento de llama también es utilizado luego de un proceso de secado y compactación como combustible natural para reacciones de combustión. En un estudio de 2023 se determinó que la capacidad calorífica del excremento de las llamas de la zona de Arequipa es de 4318,18 cal/g.

e) Determina el calor liberado, en kJ, al realizar la combustión de 100 g de excremento de llama.

El hierro funde aproximadamente a 1538 °C y su entalpía de fusión es de 16,2 kJ/mol.

f) Determina la cantidad, en g, de excremento de llama necesaria para fundir 200 g de hierro.

Los camélidos alimentados con follaje producen mayores niveles de metano que el ganado ovino sobre el nivel del mar. El metano, el dióxido de carbono y el monóxido de dinitrógeno, son de los tres gases más importantes para el efecto invernadero debido a su capacidad de absorber radiación en el rango infrarrojo y aumentar su temperatura.

g) Se estudia una muestra de gas de una zona cercana a un campo de producción de alpacas. Se realiza una toma en un recipiente cerrado de 2 L con una presión total de 1,2 atm. En la siguiente tabla se indica la fracción molar de los gases de efecto invernadero en la muestra. Indica la estructura de Lewis para los tres gases mencionados, su polaridad y la hibridación del átomo central.

Gas	Fracción molar	Estructura de Lewis
Metano	0,020	
Dióxido de Carbono	0,042	
Monóxido de dinitrógeno	0,001	

h) Determina las presiones parciales de metano, dióxido de carbono y monóxido de dinitrógeno en la mezcla de aire.

Datos y constantes

Volumen de un cubo $V = a^3$

1 Å – 10^{-10} m – 10^{-8} cm

1 cal – 4,18 J

Tabla Periódica de los Elementos

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	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 –

POUQ Facultad de Química UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

XXIX OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - 2025

NIVEL 3

Nombre completo en letra imprenta:

Planilla de corrección

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



El año 2025 ha sido designado simultáneamente como el Año Internacional de los Glaciares y el Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas, una convergencia que refleja tanto la urgencia ambiental como el impulso científico de nuestra era. Por un lado, la ONU declaró el Año Internacional de los Glaciares para subrayar la vulnerabilidad acelerada de estas reservas esenciales de agua dulce y promover acciones globales para su estudio, protección y monitoreo. Por otro lado, el reconocimiento de la ciencia y la tecnología cuánticas destaca el papel transformador de estas disciplinas en la comprensión fundamental de la materia, el desarrollo de nuevas tecnologías y la solución de desafíos globales. Esta doble conmemoración invita a integrar perspectivas ambientales y científicas en una agenda común hacia el futuro.

EJERCICIO 1: Los glaciares

Un glaciar es una masa de hielo de gran tamaño, formada por la acumulación y compactación progresiva de nieve a lo largo de décadas o siglos, que adquiere la capacidad de fluir lentamente bajo su propio peso. Los glaciares almacenan agua congelada junto con gases, compuestos orgánicos y partículas minerales transportadas por viento y erosión. Entre los compuestos atrapados se encuentran metano, ácido fórmico y oxoaniones derivados de minerales como sulfatos, carbonatos y nitratos. El análisis de su estructura permite comprender la química del hielo glaciar y los procesos atmosféricos y geológicos asociados.

a) Sabiendo que la energía promedio del enlace O–H = 463 $kJ \cdot mol^{-1}$ calcula la energía necesaria para romper todos los enlaces O–H en 36 g de agua.

b) Dibuja las estructuras de Lewis para las siguientes moléculas sencillas. Indica la geometría y polaridad de la molécula cuando corresponda. Se indica en negrita y subrayado el átomo central.

CH_4	H**C**OOH
SO_4^{2-}	**C**O_3^{2-}

c) Se estudia una muestra de agua glaciar y se determina que contiene 0,45 g de CH_4 disueltos cada 2,0 L. Calcula la concentración $mol \cdot L^{-1}$.

Los cationes más comúnmente encontrados en el agua congelada de los glaciares son calcio y magnesio, los cuales pueden forman compuestos con diferente solubilidad al encontrarse con aniones sulfato y carbonato. Estas sales se encuentran en la naturaleza en distintos grados de hidratación.

Se realiza el análisis elemental de 1,00 g de un sólido blanco separado de una fracción de agua glacial y se encuentra la siguiente composición:

Elemento	**Mg**	**S**	**O**	**H**
Masa (mg)	99	131	715	57

d) Determina la fórmula mínima y la fórmula molecular del compuesto analizado.

La solubilidad de este sólido blanco en agua varía con la temperatura como se indica en la siguiente tabla:

Temperatura (°C)	**Solubilidad (g sólido / 100 g H_2O)**
0 °C	25
25 °C	35
50 °C	55

e) Determina la solubilidad molar a 25 °C, sabiendo que la masa molar del sólido es 246 y la densidad de la solución saturada a 25 °C 1,27 g/mL.

f) 250 g de una solución saturada de este compuesto a 50 °C se enfría hasta 0 °C. Determina la masa que continúa disuelta y la masa que precipita de compuesto al enfriar a 0°C.

EJERCICIO 2: Transiciones cuánticas y espectro electromagnético

El Año Internacional de la Ciencia Cuántica destaca el rol de los modelos atómicos en la interpretación de espectros. Las impurezas atrapadas en el hielo pueden emitir luz de longitudes de onda características debido a las transiciones electrónicas en los átomos que las constituyen.

La energía para cada nivel electrónico en el átomo de hidrógeno según el modelo de Bohr se calcula como:

$$E_n = -\frac{2{,}18x10^{-18}}{n^2}$$

a) Calcula la energía de los niveles 1, 2 y 3 para el átomo de hidrógeno según el modelo de Bohr.

Uno de los principales hitos en el desarrollo de la Química y Física Cuántica fue el establecimiento de la relación de Planck. Considerando que la luz tiene comportamiento ondulatorio y se encuentra cuantizada Planck planteó que la energía de la luz cumple: $E = \hbar v$, donde $\hbar$ es la constante de Planck (6,36x10^{-34} J·s) y v la frecuencia de la onda.

Además, puedes tener en cuenta que para toda onda electromagnética se cumple que $c = \nu\lambda$, donde c es la velocidad de la luz (3x10^{8} m/s), v la frecuencia y λ la longitud de onda.

b) Determina la energía liberada en la desexcitación de un electrón de nivel 3 al nivel 1 y la longitud de onda correspondiente en nanómetros.

Los glaciares incorporan diversos elementos por erosión de los minerales óxidos y sulfuros de Si, Al, Fe y Mg. Sus configuraciones electrónicas determinan su reactividad, sus estados de oxidación y su comportamiento químico en el agua de deshielo.

c) Escribe la configuración electrónica para las siguientes especies:

Si	
Al	
Al^{+3}	
Fe	
Fe^{+3}	
O	
O^{-2}	
S	
S^{-2}	

d) Formula o nombra, según corresponda, los siguientes minerales presentes en la corteza terrestre que interactúan con los glaciales:

Fórmula	Nombre
Al_2O_3	
	Hidróxido de aluminio
Fe_2O_3	
	Sulfato de hierro(III)
FeS	
	Dióxido de silicio
$MgCO_3$	
	Sulfato de magnesio heptahidratado

La pirita u oro de los tontos, FeS_2, es un mineral comúnmente encontrado en la corteza terrestre. En presencia de aire se oxida siguiendo la reacción:

$$4\ FeS_2\ (s) + 15\ O_2\ (g) + 2\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ Fe_2O_3\ (s) + 8\ H_2SO_4\ (ac)$$

Un equipo de geólogos recoge una muestra de pirita cercana al glacial Los exploradores en la Patagonia chilena y desean determinar la pureza del disulfuro de hierro(II) en esta muestra mineral. Para ello ponen a reaccionar en el laboratorio 100 g de pirita suspendida en 1 L de agua con flujo constante de oxígeno hasta que la reacción se completa.

e) Determina la pureza de la pirita si la masa de Fe_2O_3 obtenida fue de 50 g.

f) Determina la concentración de ácido sulfúrico final expresada en $mol \cdot L^{-1}$.

g) Teniendo en cuenta los $\Delta H_f°$ de productos y reactivos determina el $\Delta H°$ de reacción a 25 °C.

Sustancia	$\Delta H_f°$ (kJ/mol)
$FeS_2(s)$	–178
$O_2(g)$	0
$H_2O(l)$	–285,8
$Fe_2O_3(s)$	–824,2
$H_2SO_4(ac)$	–909

EJERCICIO 3: Reacciones redox y equilibrio gaseoso en glaciares

En zonas glaciares que contienen sedimentos ricos en minerales sulfurados, se producen reacciones redox que generan gases atrapados en el hielo. Uno de ellos es el dióxido de azufre (SO_2), generado por la oxidación parcial de minerales como la pirita o la anhidrita bajo condiciones extremadamente frías y pobres en oxígeno. Este gas puede quedar ocluido en burbujas dentro del hielo, estableciendo un equilibrio gaseoso. Su estudio combina procesos de electroquímica y equilibrio químico en sistemas naturales.

Se propone la siguiente reacción de oxidación parcial de azufre proveniente del suelo cercano al glaciar:

$$S\,(s) + 2\,H_2O\,(l) \rightarrow SO_2\,(g) + 4H^+ + 4\,e^- \quad E° = -0{,}45\ V$$

A la vez se oxida el oxígeno atmosférico atrapado en el hielo, representada por la siguiente reacción:

$$O_2\,(g) + 4H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O\,(l) \quad E° = 1{,}23\ V$$

a) Escribe la reacción global del proceso redox y determina el potencial del proceso global.

b) Calcula la constante de equilibrio a 25 °C sabiendo que:
$\Delta G° = -\,n\,F\,E°$, $\Delta G° = -\,R\,T\,\ln K$, F = 96 500 C/mol, R = 8,314 J/mol·K.
Si no pudiste calcular E° puedes utilizar 0,55 V.

c) En una burbuja de hielo a –10 °C se determinó que la presión parcial de SO_2 era de 3,0 x 10^{-4} atm. Calcula la presión que tendría el SO_2 al aumentar la temperatura a 25 °C si la cantidad de SO_2 atrapada y el volumen de la burbuja no varían.

d) Plantea cómo queda expresado el cociente de reacción para el proceso global.

e) En condiciones experimentales el *E* determinado es de 0,41 V. Utilizando la ecuación de Nernst y el valor de *E*° calculado en a) determina el cociente de reacción. Si no pudiste calcular *E*° puedes utilizar 0,45 V.

Ecuación de Nernst: $E = E° - \frac{0,059}{n} logQ$

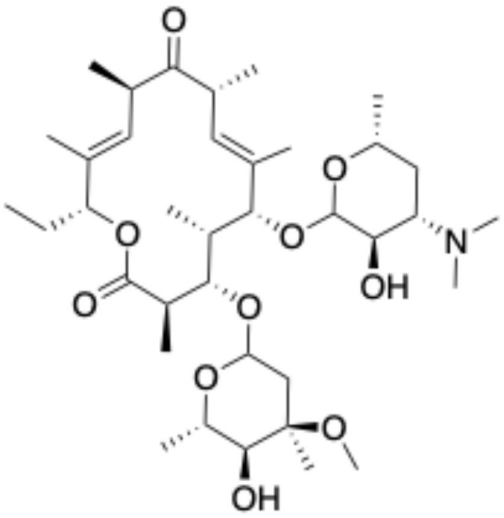
EJERCICIO 4: Antibióticos y protección UV en los glaciares

Aunque los glaciares parecen ambientes "estériles", en realidad contienen ecosistemas microbianos activos y una variedad de compuestos orgánicos. Esta materia orgánica proviene de dos fuentes principales: **1.** Origen interno: microorganismos que viven en el hielo **2.** Origen externo: material transportado por el viento o por deposición atmosférica.

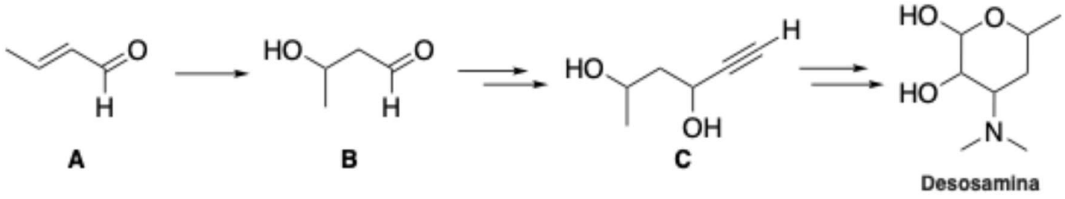
La **Eritromicina A** es un antibiótico de la familia de los macrólidos que se ha detectado en nieve, agua de deshielo, e incluso en hielo glaciar en regiones remotas debido a su transporte atmosférico en aerosoles.

a) A continuación, se muestra la estructura de un derivado de Eritromicina A. Indica, con un círculo y la letra correspondiente, los siguientes grupos funcionales, todas las veces que lo identifiques en la molécula:

a- Alcohol
b- Amina
c- Cetona
d- éster
e- alqueno



b) Uno de los componentes de la estructura de este antibiótico se llama Desosamina, el cual se puede obtener mediante una secuencia de reacciones donde se forman los compuestos intermedios que se muestra a continuación:



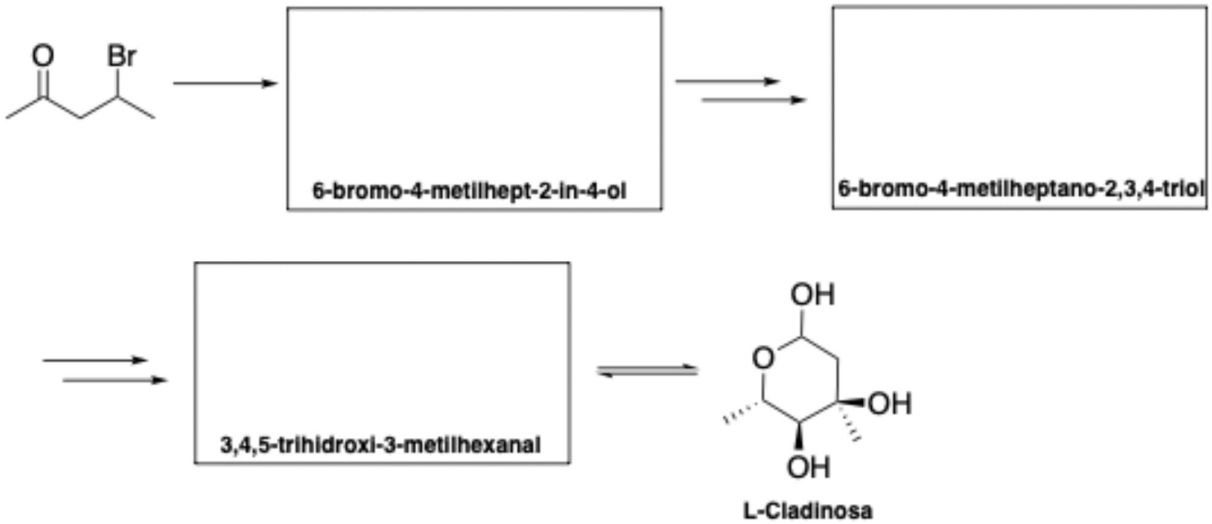
bi- Escribe el nombre de los compuestos **A**, **B** y **C**:

A:
B:
C:

bii- Escribe dos isómeros de posición, uno de cadena y uno de función del compuesto **B**.

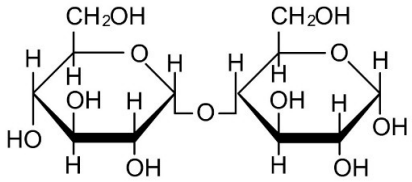
Isómero de posición	Isómero de posición
Isómero de cadena	Isómero de función

c) Otro de los componentes de la **eritomicina A** es una molécula de un carbohidrato que se llama L-Cladinosa. La obtención de este carbohidrato puede hacerse según el esquema que se muestra a contiunación. Completa las estructuras de los productos que faltan.



d) Los glaciares son ambientes extremos: temperaturas muy bajas, alta radiación UV, poca agua líquida, nutrientes escasos. Para protegerse del ambiente los microorganismos producen polisacáridos extracelulares (EPS).

Uno de los disacáridos encontrado en ambientes glaciares es la Maltosa, que está formado por dos unidades de glucosa:



Maltosa

Teniendo en cuenta la estructura de la maltosa, responde las siguientes preguntas:

d i- ¿Qué tipo de enlace glicosídico presenta?

d ii- Al realizar la reacción de Fehling sobre la maltosa, se obtuvo un resultado positivo ¿Por qué?

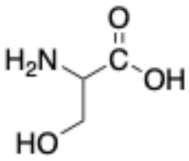
4iii- Representa la estructura de la D-glucosa en forma Fischer y de la α-D-gluco**furanosa** en forma Haworth.

D-glucosa Fischer	α-D-glucofuranosa Haworth

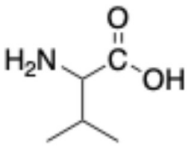
d iv- La D-Alosa es un epímero de la glucosa en el carbono 3. Representa su estructura en la forma Fisher:

D-Alosa, Fischer

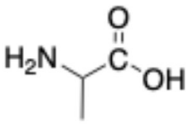
d v- Muchos EPS glaciares tienen **pequeñas cadenas peptídicas unidas covalentemente** a los polisacáridos, para mejorar la adhesión al hielo, crear redes tridimensionales más fuertes y/o atrapar agua y iones.
Los aminoácidos más encontrados son: **serina**, **treonina**, **valina, lisina** o **alanina**.
Teniendo en cuenta que las estructuras de serina, valina y alanina son las que se muestran a continuación:



Serina



Valina



Alanina

Representa los siguientes dipéptidos:

Ser-Val
Val-Ala

Tabla Periódica de los Elementos

1												13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2																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 –

XXIX OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - 2025

NIVEL 2

Nombre completo en letra imprenta:

_____

Planilla de corrección

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



El año 2025 ha sido designado simultáneamente como el Año Internacional de los Glaciares y el Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas, una convergencia que refleja tanto la urgencia ambiental como el impulso científico de nuestra era. Por un lado, la ONU declaró el Año Internacional de los Glaciares para subrayar la vulnerabilidad acelerada de estas reservas esenciales de agua dulce y promover acciones globales para su estudio, protección y monitoreo. Por otro lado, el reconocimiento de la ciencia y la tecnología cuánticas destaca el papel transformador de estas disciplinas en la comprensión fundamental de la materia, el desarrollo de nuevas tecnologías y la solución de desafíos globales. Esta doble conmemoración invita a integrar perspectivas ambientales y científicas en una agenda común hacia el futuro.

EJERCICIO 1: Los glaciares

Un glaciar es una masa de hielo de gran tamaño, formada por la acumulación y compactación progresiva de nieve a lo largo de décadas o siglos, que adquiere la capacidad de fluir lentamente bajo su propio peso. Los glaciares almacenan agua congelada junto con gases, compuestos orgánicos y partículas minerales transportadas por viento y erosión. Entre los compuestos atrapados se encuentran metano, ácido fórmico y oxoaniones derivados de minerales como sulfatos, carbonatos y nitratos. El análisis de su estructura permite comprender la química del hielo glaciar y los procesos atmosféricos y geológicos asociados.

a) Sabiendo que la energía promedio del enlace O–H = 463 $kJ \cdot mol^{-1}$ calcula la energía necesaria para romper todos los enlaces O–H en 36 g de agua.

b) Dibuja las estructuras de Lewis para las siguientes moléculas sencillas. Indica la geometría y polaridad de la molécula cuando corresponda. Se indica en negrita y subrayado el átomo central.

CH_4	H**C**OOH
SO_4^{2-}	**C**O_3^{2-}

c) Se estudia una muestra de agua glaciar y se determina que contiene 0,45 g de CH_4 disueltos cada 2,0 L. Calcula la concentración $mol \cdot L^{-1}$.

Los cationes más comúnmente encontrados en el agua congelada de los glaciares son calcio y magnesio, los cuales pueden forman compuestos con diferente solubilidad al encontrarse con aniones sulfato y carbonato. Estas sales se encuentran en la naturaleza en distintos grados de hidratación.

Se realiza el análisis elemental de 1,00 g de un sólido blanco separado de una fracción de agua glacial y se encuentra la siguiente composición:

Elemento	**Mg**	**S**	**O**	**H**
Masa (mg)	99	131	715	57

d) Determina la fórmula mínima y la fórmula molecular del compuesto analizado.

La solubilidad de este sólido blanco en agua varía con la temperatura como se indica en la siguiente tabla:

Temperatura (°C)	**Solubilidad (g sólido / 100 g H_2O)**
0 °C	25
25 °C	35
50 °C	55

e) Determina la solubilidad molar a 25 °C, sabiendo que la masa molar del sólido es 246 y la densidad de la solución saturada a 25 °C 1,27 g/mL.

f) 250 g de una solución saturada de este compuesto a 50 °C se enfría hasta 0 °C. Determina la masa que continúa disuelta y la masa que precipita de compuesto al enfriar a 0°C.

EJERCICIO 2: Transiciones cuánticas y espectro electromagnético

El Año Internacional de la Ciencia Cuántica destaca el rol de los modelos atómicos en la interpretación de espectros. Las impurezas atrapadas en el hielo pueden emitir luz de longitudes de onda características debido a las transiciones electrónicas en los átomos que las constituyen.

La energía para cada nivel electrónico en el átomo de hidrógeno según el modelo de Bohr se calcula como:

$$E_n = -\frac{2{,}18x10^{-18}}{n^2}$$

a) Calcula la energía de los niveles 1, 2 y 3 para el átomo de hidrógeno según el modelo de Bohr.

Uno de los principales hitos en el desarrollo de la Química y Física Cuántica fue el establecimiento de la relación de Planck. Considerando que la luz tiene comportamiento ondulatorio y se encuentra cuantizada Planck planteó que la energía de la luz cumple: $E = \hbar v$, donde $\hbar$ es la constante de Planck (6,36x10^{-34} J·s) y v la frecuencia de la onda.

Además, puedes tener en cuenta que para toda onda electromagnética se cumple que $c = \nu\lambda$, donde c es la velocidad de la luz (3x10^{8} m/s), v la frecuencia y λ la longitud de onda.

b) Determina la energía liberada en la desexcitación de un electrón de nivel 3 al nivel 1 y la longitud de onda correspondiente en nanómetros.

Los glaciares incorporan diversos elementos por erosión de los minerales óxidos y sulfuros de Si, Al, Fe y Mg. Sus configuraciones electrónicas determinan su reactividad, sus estados de oxidación y su comportamiento químico en el agua de deshielo.

c) Escribe la configuración electrónica para las siguientes especies:

Si	
Al	
Al^{+3}	
Fe	
Fe^{+3}	
O	
O^{-2}	
S	
S^{-2}	

d) Formula o nombra, según corresponda, los siguientes minerales presentes en la corteza terrestre que interactúan con los glaciales:

Fórmula	Nombre
Al_2O_3	
	Hidróxido de aluminio
Fe_2O_3	
	Sulfato de hierro(III)
FeS	
	Dióxido de silicio
$MgCO_3$	
	Sulfato de magnesio heptahidratado

La pirita u oro de los tontos, FeS_2, es un mineral comúnmente encontrado en la corteza terrestre. En presencia de aire se oxida siguiendo la reacción:

$$4\ FeS_2\ (s) + 15\ O_2\ (g) + 2\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ Fe_2O_3\ (s) + 8\ H_2SO_4\ (ac)$$

Un equipo de geólogos recoge una muestra de pirita cercana al glacial Los exploradores en la Patagonia chilena y desean determinar la pureza del disulfuro de hierro(II) en esta muestra mineral. Para ello ponen a reaccionar en el laboratorio 100 g de pirita suspendida en 1 L de agua con flujo constante de oxígeno hasta que la reacción se completa.

e) Determina la pureza de la pirita si la masa de Fe_2O_3 obtenida fue de 50 g.

f) Determina la concentración de ácido sulfúrico final expresada en $mol \cdot L^{-1}$.

g) La solución resultante de ácido sulfúrico se concentra hasta llegar a una densidad de 1,225 g/mL. La concentración molar en estas condiciones es 4 $mol \cdot L^{-1}$. Expresa la concentración en %m/m.

EJERCICIO 3: Reacciones redox y equilibrio gaseoso en glaciares

En zonas glaciares que contienen sedimentos ricos en minerales sulfurados, se producen reacciones redox que generan gases atrapados en el hielo. Uno de ellos es el dióxido de azufre (SO_2), generado por la oxidación parcial de minerales como la pirita o la anhidrita bajo condiciones extremadamente frías y pobres en oxígeno. Este gas puede quedar ocluido en burbujas dentro del hielo, estableciendo un equilibrio gaseoso. Su estudio combina procesos de electroquímica y equilibrio químico en sistemas naturales.

Se propone la siguiente reacción de oxidación parcial de azufre proveniente del suelo cercano al glaciar:

$$S\,(s) + 2\,H_2O\,(l) \rightarrow SO_2\,(g) + 4H^+ + 4\,e^- \quad E° = -0{,}45\ V$$

A la vez se oxida el oxígeno atmosférico atrapado en el hielo, representada por la siguiente reacción:

$$O_2\,(g) + 4H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O\,(l) \quad E° = 1{,}23\ V$$

a) Escribe la reacción global del proceso redox y determina el potencial del proceso global.

b) Calcula la constante de equilibrio a 25 °C sabiendo que:
$\Delta G° = -\,n\,F\,E°$, $\Delta G° = -\,R\,T\,\ln K$, F = 96 500 C/mol, R = 8,314 J/mol·K.
Si no pudiste calcular E° puedes utilizar 0,55 V.

c) En una burbuja de hielo a –10 °C se determinó que la presión parcial de SO_2 era de 3,0 x 10^{-4} atm. Calcula la presión que tendría el SO_2 al aumentar la temperatura a 25 °C si la cantidad de SO_2 atrapada y el volumen de la burbuja no varían.

d) Plantea cómo queda expresado el cociente de reacción para el proceso global.

e) En condiciones experimentales el *E* determinado es de 0,41 V. Utilizando la ecuación de Nernst y el valor de *E*° calculado en a) determina el cociente de reacción. Si no pudiste calcular *E*° puedes utilizar 0,45 V.

Ecuación de Nernst: $E = E° - \frac{0,059}{n} logQ$

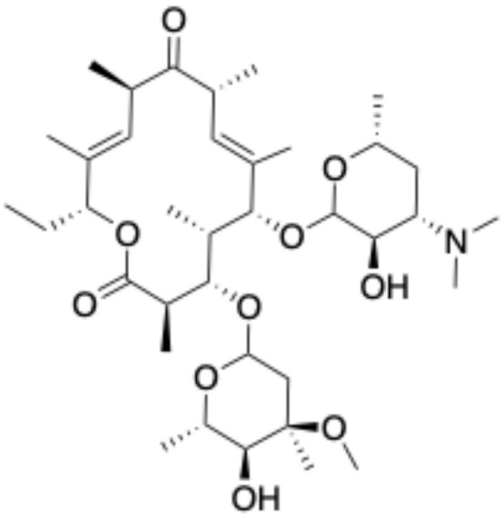
EJERCICIO 4: Antibióticos y protección UV en los glaciares

Aunque los glaciares parecen ambientes "estériles", en realidad contienen ecosistemas microbianos activos y una variedad de compuestos orgánicos. Esta materia orgánica proviene de dos fuentes principales: **1.** Origen interno: microorganismos que viven en el hielo **2.** Origen externo: material transportado por el viento o por deposición atmosférica.

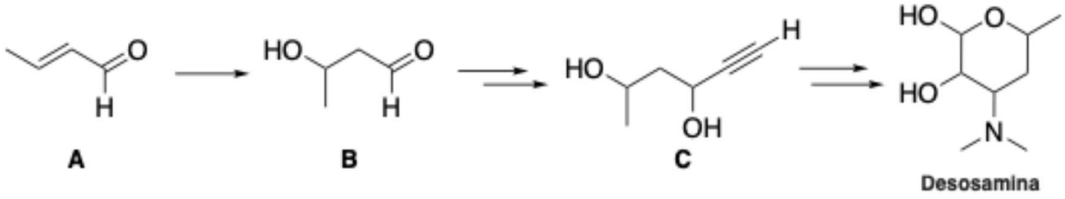
La **Eritromicina A** es un antibiótico de la familia de los macrólidos que se ha detectado en nieve, agua de deshielo, e incluso en hielo glaciar en regiones remotas debido a su transporte atmosférico en aerosoles.

a) A continuación, se muestra la estructura de un derivado de Eritromicina A. Indica, con un círculo y la letra correspondiente, los siguientes grupos funcionales, todas las veces que lo identifiques en la molécula:

a- Alcohol
b- Amina
c- Cetona
d- éster
e- alqueno



b) Uno de los componentes de la estructura de este antibiótico se llama Desosamina, el cual se puede obtener mediante una secuencia de reacciones donde se forman los compuestos intermedios que se muestra a continuación:



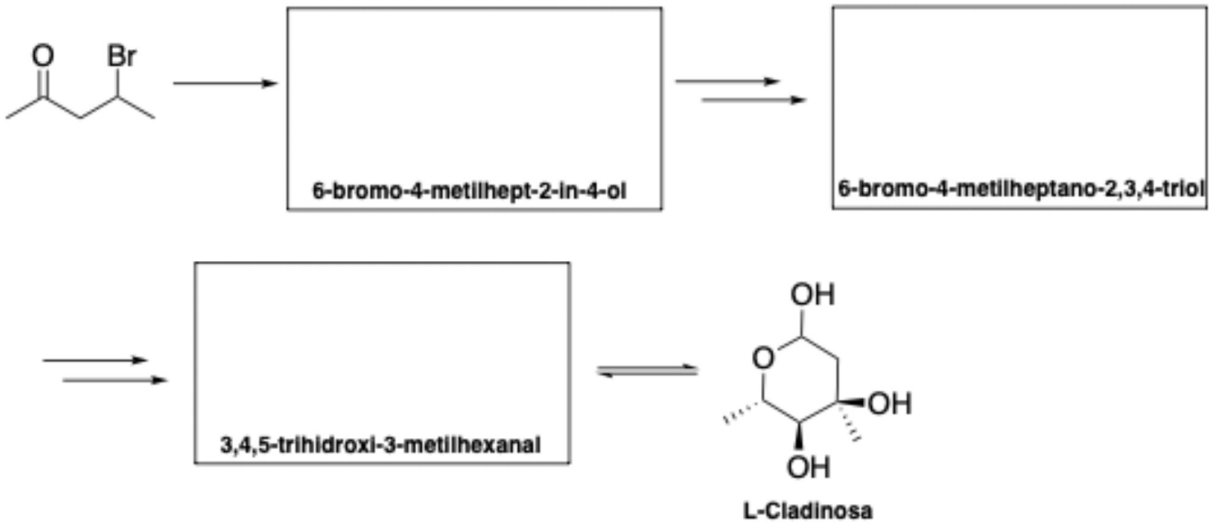
bi- Escribe el nombre de los compuestos **A**, **B** y **C**:

A:
B:
C:

bii- Escribe dos isómeros de posición, uno de cadena y uno de función del compuesto **B**.

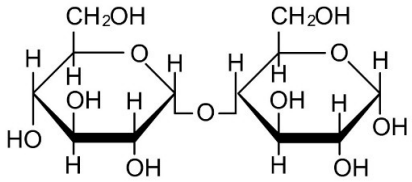
Isómero de posición	Isómero de posición
Isómero de cadena	Isómero de función

c) Otro de los componentes de la **eritomicina A** es una molécula de un carbohidrato que se llama L-Cladinosa. La obtención de este carbohidrato puede hacerse según el esquema que se muestra a contiunación. Completa las estructuras de los productos que faltan.



d) Los glaciares son ambientes extremos: temperaturas muy bajas, alta radiación UV, poca agua líquida, nutrientes escasos. Para protegerse del ambiente los microorganismos producen polisacáridos extracelulares (EPS).

Uno de los disacáridos encontrado en ambientes glaciares es la Maltosa, que está formado por dos unidades de glucosa:



Maltosa

Teniendo en cuenta la estructura de la maltosa, responde las siguientes preguntas:

d i- ¿Qué tipo de enlace glicosídico presenta?

d ii- Al realizar la reacción de Fehling sobre la maltosa, se obtuvo un resultado positivo ¿Por qué?

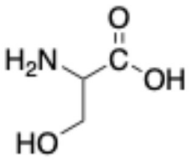
4iii- Representa la estructura de la D-glucosa en forma Fischer y de la α-D-gluco**furanosa** en forma Haworth.

D-glucosa Fischer	α-D-glucofuranosa Haworth

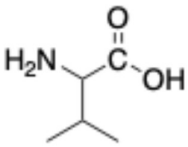
d iv- La D-Alosa es un epímero de la glucosa en el carbono 3. Representa su estructura en la forma Fisher:

D-Alosa, Fischer

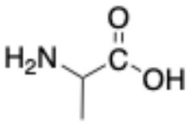
d v- Muchos EPS glaciares tienen **pequeñas cadenas peptídicas unidas covalentemente** a los polisacáridos, para mejorar la adhesión al hielo, crear redes tridimensionales más fuertes y/o atrapar agua y iones.
Los aminoácidos más encontrados son: **serina**, **treonina**, **valina, lisina** o **alanina**.
Teniendo en cuenta que las estructuras de serina, valina y alanina son las que se muestran a continuación:



Serina



Valina



Alanina

Representa los siguientes dipéptidos:

Ser-Val
Val-Ala

Tabla Periódica de los Elementos

1												13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2																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 –

XXIX OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA - 2025

NIVEL 1

Nombre completo en letra imprenta:

Planilla de corrección

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



El año 2025 ha sido designado simultáneamente como el Año Internacional de los Glaciares y el Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas, una convergencia que refleja tanto la urgencia ambiental como el impulso científico de nuestra era. Por un lado, la ONU declaró el Año Internacional de los Glaciares para subrayar la vulnerabilidad acelerada de estas reservas esenciales de agua dulce y promover acciones globales para su estudio, protección y monitoreo. Por otro lado, el reconocimiento de la ciencia y la tecnología cuánticas destaca el papel transformador de estas disciplinas en la comprensión fundamental de la materia, el desarrollo de nuevas tecnologías y la solución de desafíos globales. Esta doble conmemoración invita a integrar perspectivas ambientales y científicas en una agenda común hacia el futuro.

EJERCICIO 1: Los glaciares

Un glaciar es una masa de hielo de gran tamaño, formada por la acumulación y compactación progresiva de nieve a lo largo de décadas o siglos, que adquiere la capacidad de fluir lentamente bajo su propio peso. Los glaciares almacenan agua congelada junto con gases, compuestos orgánicos y partículas minerales transportadas por viento y erosión. Entre los compuestos atrapados se encuentran metano, ácido fórmico y oxoaniones derivados de minerales como sulfatos, carbonatos y nitratos. El análisis de su estructura permite comprender la química del hielo glaciar y los procesos atmosféricos y geológicos asociados.

a) Determina cuántos átomos de hidrógeno hay en una muestra de 36 g de agua. $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$.

b) Dibuja las estructuras de Lewis para las siguientes moléculas sencillas. Indica la polaridad de la molécula. Se indica en negrita y subrayado el átomo central.

CH_4	H**C**OOH
SO_2	H_2**S**

c) Se estudia una muestra de agua glaciar y se determina que contiene 0,45 g de CH_4 disueltos cada 2,0 L. Calcula la concentración $mol \cdot L^{-1}$.

Los cationes más comúnmente encontrados en el agua congelada de los glaciares son calcio y magnesio, los cuales pueden forman compuestos con diferente solubilidad al encontrarse con aniones sulfato y carbonato. Estas sales se encuentran en la naturaleza en distintos grados de hidratación.

Se realiza el análisis elemental de 1,00 g de un sólido blanco separado de una fracción de agua glacial y se encuentra la siguiente composición:

Elemento	**Mg**	**S**	**O**	**H**
Masa (mg)	99	131	715	57

d) Determina la fórmula mínima y la fórmula molecular del compuesto analizado.

La solubilidad de este sólido blanco en agua varía con la temperatura como se indica en la siguiente tabla:

Temperatura (°C)	**Solubilidad (g sólido / 100 g H_2O)**
0 °C	25
25 °C	35
50 °C	55

e) Determina la solubilidad como concentración en g/L a 25 °C, sabiendo que la densidad de la solución saturada a 25 °C 1,27 g/mL.

f) 250 g de una solución saturada de este compuesto a 50 °C se enfría hasta 0 °C. Determina la masa que continúa disuelta y la masa que precipita de compuesto al enfriar a 0°C.

EJERCICIO 2: Transiciones cuánticas y espectro electromagnético

El Año Internacional de la Ciencia Cuántica destaca el rol de los modelos atómicos en la interpretación de espectros. Las impurezas atrapadas en el hielo pueden emitir luz de longitudes de onda características debido a las transiciones electrónicas en los átomos que las constituyen.

La energía para cada nivel electrónico en el átomo de hidrógeno según el modelo de Bohr se calcula como:

$$E_n = -\frac{2{,}18x10^{-18}}{n^2}$$

a) Calcula la energía de los niveles 1, 2 y 3 para el átomo de hidrógeno según el modelo de Bohr.

Uno de los principales hitos en el desarrollo de la Química y Física Cuántica fue el establecimiento de la relación de Planck. Considerando que la luz tiene comportamiento ondulatorio y se encuentra cuantizada Planck planteó que la energía de la luz cumple: $E = \hbar v$, donde $\hbar$ es la constante de Planck ($6{,}36 \times 10^{-34}$ J·s) y v la frecuencia de la onda.

b) Determina la energía liberada en la desexcitación de un electrón de nivel 3 al nivel 1 y la frecuencia de onda correspondiente.

Los glaciares incorporan diversos elementos por erosión de los minerales óxidos y sulfuros de Si, Al y Mg. Sus configuraciones electrónicas determinan su reactividad, sus estados de oxidación y su comportamiento químico en el agua de deshielo.

c) Escribe la distribución electrónica en niveles de energía para las siguientes especies, indica grupo y período para los elementos neutros:

	Distribución	**Período**	**Grupo**
Si			
Al			
Al^{+3}			
O			
O^{-2}			
S			
S^{-2}			

d) Formula o nombra, según corresponda, los siguientes minerales presentes en la corteza terrestre que interactúan con los glaciales:

Fórmula	Nombre
Al_2O_3	
	Hidróxido de aluminio
Fe_2O_3	
	Sulfato de hierro(III)
FeS	
	Dióxido de silicio
$MgCO_3$	
	Sulfato de magnesio heptahidratado

La pirita u oro de los tontos, FeS_2, es un mineral comúnmente encontrado en la corteza terrestre. En presencia de aire se oxida siguiendo la reacción:

$$4\ FeS_2\ (s) + 15\ O_2\ (g) + 2\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ Fe_2O_3\ (s) + 8\ H_2SO_4\ (ac)$$

Un equipo de geólogos recoge una muestra de pirita cercana al glacial Los exploradores en la Patagonia chilena y desean determinar la cantidad de disulfuro de hierro(II) en esta muestra mineral. Para ello ponen a reaccionar en el laboratorio una cantidad conocida de pirita suspendida en 1 L de agua con flujo constante de oxígeno hasta que la reacción se completa.

e) Determina la masa de FeS_2 en la muestra estudiada si la masa de Fe_2O_3 obtenida fue de 50 g.

f) Determina la concentración de ácido sulfúrico final expresada en $mol \cdot L^{-1}$.

g) La solución resultante de ácido sulfúrico se concentra hasta llegar a una densidad de 1,225 g/mL. La concentración molar en estas condiciones es 4 $mol \cdot L^{-1}$. Expresa la concentración en %m/m.

EJERCICIO 3: Separaciones y reacciones con el suelo de los glaciares

Durante una expedición científica en el glaciar Perito Moreno en la Patagonia Argentina un equipo de investigadores recolecta una muestra que contiene:

- Fragmentos de roca y arena gruesa
- Polvo mineral fino (silicatos)
- Materia orgánica flotante
- Sales disueltas
- Microorganismos y sedimentos muy finos en suspensión

El primer objetivo de los investigadores es separar cada componente para su posterior estudio.

a) Indica qué método de separación (decantación, tamizado, flotación, filtración, evaporación o centrifugación) utilizarías en cada caso.

Propósito	Método de separación
Separación de fragmentos de roca y arena gruesa del resto de la muestra.	
Separación de materiales orgánicos que flotan naturalmente en el agua.	
Aislamiento de polvo mineral fino contenido en el agua.	
Obtención de las sales disueltas para análisis químico.	
Separación de microorganismos y sedimentos muy finos en suspensión.	

b) Escribe las reacciones relacionadas a óxidos que se describen a continuación:

i. Oxidación de hierro metálico en trazas por acción del viento en la cercanía de los glaciares para formar óxido de hierro(III).

ii. Reacción de dióxido de carbono de aerosoles volcánicos depositados sobre el hielo con agua de deshielo.

iii. El azufre elemental proveniente de emisiones volcánicas se oxida a dióxido de azufre previo a quedar atrapado en el hielo del glaciar.

iv. El dióxido de azufre atrapado en el hielo reacciona con el agua de deshielo para formar ácido sulfuroso.

v. Reacción del óxido de magnesio de los minerales de la corteza con el agua de deshielo.

c) Escribe las reacciones relacionadas a procesos de neutralización que ocurren en los glaciares o su entorno:

i. Neutralización del ácido carbónico en el agua de deshielo por interacción con el sedimento conteniendo hidróxido de magnesio.

ii. Neutralización de ácido fórmico (HCOOH) con hidróxido de sodio en la superficie de la corteza.

iii. Neutralización de ácido clorhídrico proveniente de aerosoles marinos con hidróxido de calcio mineral.

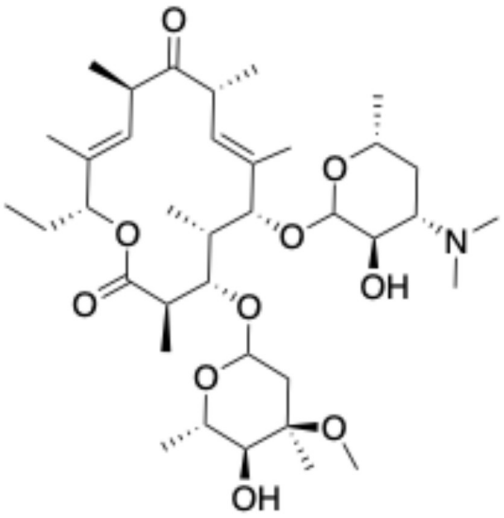
EJERCICIO 4: Antibióticos y protección UV en los glaciares

Aunque los glaciares parecen ambientes "estériles", en realidad contienen ecosistemas microbianos activos y una variedad de compuestos orgánicos. Esta materia orgánica proviene de dos fuentes principales: **1.** Origen interno: microorganismos que viven en el hielo **2.** Origen externo: material transportado por el viento o por deposición atmosférica.

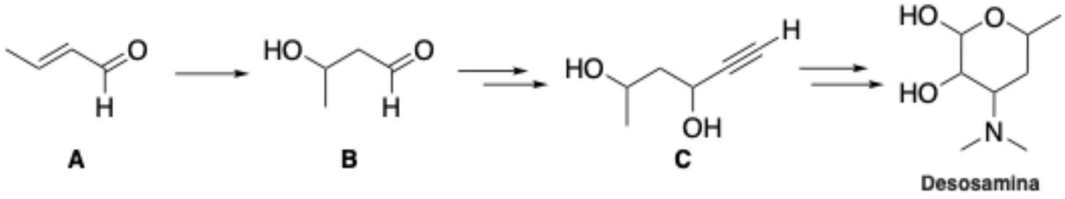
La **Eritromicina A** es un antibiótico de la familia de los macrólidos que se ha detectado en nieve, agua de deshielo, e incluso en hielo glaciar en regiones remotas debido a su transporte atmosférico en aerosoles.

a) A continuación, se muestra la estructura de un derivado de Eritromicina A. Indica, con un círculo y la letra correspondiente, los siguientes grupos funcionales, todas las veces que lo identifiques en la molécula:

a- Alcohol
b- Amina
c- Cetona
d- éster
e- alqueno



b) Uno de los componentes de la estructura de este antibiótico se llama Desosamina, el cual se puede obtener mediante una secuencia de reacciones donde se forman los compuestos intermedios que se muestra a continuación:



bi- Escribe el nombre de los compuestos **A**, **B** y **C**:

A:
B:
C:

bii- Escribe dos isómeros de posición, uno de cadena y uno de función del compuesto **B**.

Isómero de posición	Isómero de posición
Isómero de cadena	Isómero de función

c) Otro de los componentes de la **eritomicina A** es una molécula de un carbohidrato que se llama L-Cladinosa. La obtención de este carbohidrato puede hacerse según el esquema que se muestra a contiunación. Completa las estructuras de los productos que faltan.

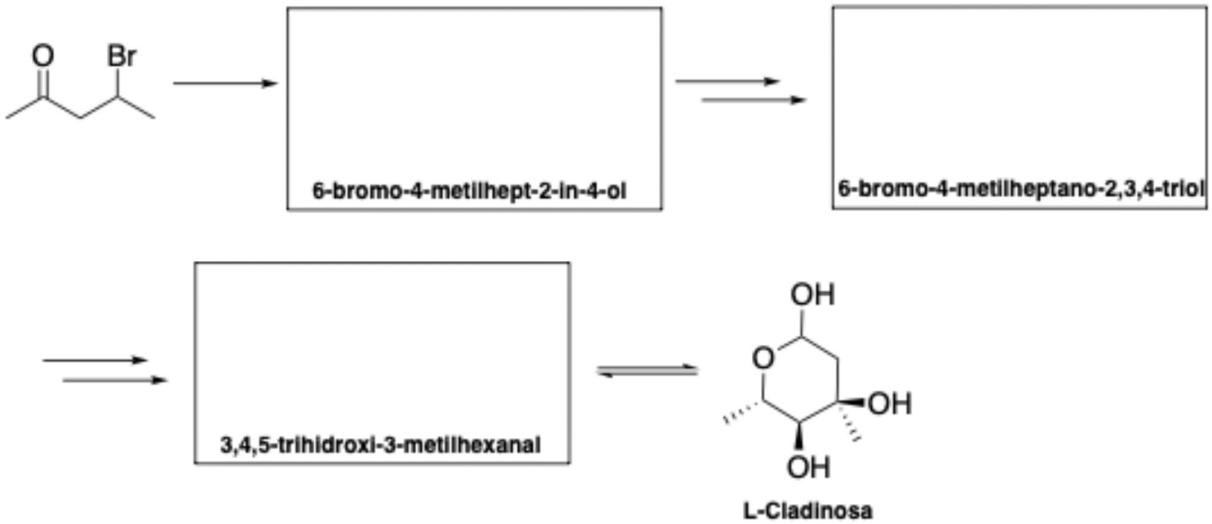


Tabla Periódica de los Elementos

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	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 –