

10

Aplicaciones de la química orgánica

Aplicaciones de la química orgánica

10

PARA COMENZAR (página 325)

- **Debate con tus compañeros sobre la capacidad del ser humano para modificar los compuestos químicos que produce la naturaleza.**

Los alumnos y alumnas deben organizar un debate en clase en el que discutan la capacidad del ser humano para modificar las sustancias naturales. El debate puede girar en torno a estos ejes:

- La industria química.
- El trabajo de laboratorio en la síntesis orgánica e inorgánica.
- Explotación de recursos naturales.
- I + D + i para la creación de nuevas sustancias y materiales con aplicaciones diversas.
- Preservación del medio ambiente y desarrollo sostenible.

- **Investiga sobre Hyatt y la síntesis del celuloide. ¿Qué características del polímero hicieron que este material fuese utilizado para la fotografía?**

John Wesley Hyatt (1837-1920) fue un inventor estadounidense conocido por desarrollar, junto a su hermano, el primer material plástico, el celuloide (una mezcla de nitrato de celulosa y alcanfor).

Una compañía de billares de Nueva York organizó un concurso para diseñar materiales alternativos al marfil para fabricar las bolas de billar. Los hermanos Hyatt participaron, y mientras trabajaban en su laboratorio, una parte de la mezcla que habían preparado se derramó en el suelo. Al secarse formó una fina capa que tenía la propiedad de unir el serrín y el papel. Continuaron su investigación y descubrieron que, si se sometía el producto a alta presión, formaba un material válido para la fabricación de bolas de billar.

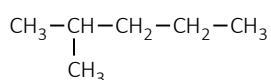
El celuloide caliente es un material flexible y maleable, y puede moldearse en diversas formas. Una vez el celuloide se ha enfriado, el material se transforma en seco y duro. El celuloide es transparente e incoloro, y la pasta puede colorearse y enrollarse. Su principal problema radica en que es muy inflamable.

Estas propiedades del celuloide hicieron que este polímero fuese utilizado como base en las películas fotográficas hasta el año 1940, cuando fue reemplazado por el triacetato de celulosa, que era mucho más seguro en la prevención de incendios en cines y almacenes de películas.

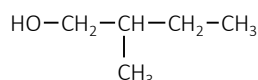
ACTIVIDAD (página 327)

1. **Estudia la estructura de los átomos en los compuestos 2-metilpentano y 2-metilbutan-1-ol y razona sobre su solubilidad en agua.**

Escribe sus fórmulas semidesarrolladas:



2-metilpentano



2-metilbutan-1-ol

El 2-metilpentano es un alcano, formado por enlaces C-H apolares y, por tanto, es insoluble en agua y en disolventes polares.

El 2-metilbutan-1-ol es un alcohol primario, que forma puentes de hidrógeno con su grupo hidroxilo (-OH). Por tanto, será soluble en agua y en otros compuestos polares.

ACTIVIDAD (página 332)

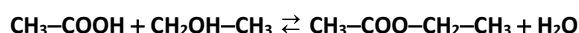
2. La esterificación del ácido etanoico con etanol es una reacción de equilibrio. Queremos obtener 17,6 g de etanoato de etilo con 15 g de ácido etanoico.

a) Escribe la reacción de equilibrio.

b) Si $K_c = 5$, calcula la masa de etanol necesaria al inicio de la reacción.

c) Calcula la fracción molar de cada uno de los cuatro compuestos presentes en el equilibrio.

a) Escribe la ecuación química de equilibrio ajustada entre el ácido acético y el etanol:



b) Calcula la cantidad de acetato de etilo a obtener, y la cantidad de ácido acético con la que se inicia:

$$M(\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3) = 12,01 \cdot 4 + 1,008 \cdot 8 + 16,00 \cdot 2 = 88,104 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3} = 17,6 \text{ g de } \text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol de } \text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3}{88,104 \text{ g de } \text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3} = 0,1998 \text{ mol de } \text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$$

$$M(\text{CH}_3\text{-COOH}) = 12,01 \cdot 2 + 1,008 \cdot 4 + 16,00 \cdot 2 = 60,052 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{-COOH}} = 15 \text{ g de } \text{CH}_3\text{-COOH} \cdot \frac{1 \text{ mol de } \text{CH}_3\text{-COOH}}{60,052 \text{ g de } \text{CH}_3\text{-COOH}} = 0,2498 \text{ mol de } \text{CH}_3\text{-COOH}$$

Elabora una tabla con los cambios que se establecen hasta el equilibrio, llamando x a la cantidad de etanol inicial:

	$\text{CH}_3\text{-COOH}$	+ $\text{CH}_2\text{OH-CH}_3$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$	+ H_2O
Cantidad inicial (mol)	0,2498	x		0	0
Cantidad en el equilibrio (mol)	$0,2498 - 0,1998 = 0,0500$	$x - 0,1998$		0,1998	0,1998
Concentraciones en el equilibrio (M)	$\frac{0,05}{V}$	$\frac{x - 0,1998}{V}$		$\frac{0,1998}{V}$	$\frac{0,1998}{V}$

Aplica la expresión de la constante de equilibrio para obtener la cantidad inicial de etanol:

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{-COOH}] \cdot [\text{CH}_2\text{OH-CH}_3]} = \frac{\frac{0,1998}{V} \cdot \frac{0,1998}{V}}{\frac{0,05}{V} \cdot \frac{x - 0,1998}{V}} = \frac{0,1998^2}{0,05 \cdot (x - 0,1998)} = 5$$

$$0,0399 = 0,25 \cdot (x - 0,1998) \Rightarrow x = 0,3593 \text{ mol de } \text{CH}_2\text{OH-CH}_3$$

Calcula la masa correspondiente a la cantidad de etanol anterior:

$$M(\text{CH}_2\text{OH-CH}_3) = 12,01 \cdot 2 + 1,008 \cdot 6 + 16,00 = 46,068 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{CH}_2\text{OH-CH}_3} = 0,3593 \text{ mol de } \text{CH}_2\text{OH-CH}_3 \cdot \frac{46,068 \text{ g de } \text{CH}_2\text{OH-CH}_3}{1 \text{ mol de } \text{CH}_2\text{OH-CH}_3} = \mathbf{16,6 \text{ g de } \text{CH}_2\text{OH-CH}_3}$$

c) Halla la cantidad total de moléculas de los cuatro compuestos en el equilibrio:

$$n_T = 0,0500 + (0,3594 - 0,1998) + 0,1998 + 0,1998 = 0,6091 \text{ mol}$$

Calcula la fracción molar de cada uno de los cuatro compuestos presentes en el equilibrio dividiendo la cantidad de equilibrio de cada una entre la cantidad total:

$$\chi_{\text{CH}_3\text{-COOH}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{-COOH}}}{n_T} = \frac{0,0500 \text{ mol}}{0,6091 \text{ mol}} = \mathbf{0,082} \quad \chi_{\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3}}{n_T} = \frac{0,1998 \text{ mol}}{0,6091 \text{ mol}} = \mathbf{0,328}$$

$$\chi_{\text{CH}_2\text{OH-CH}_3} = \frac{n_{\text{CH}_2\text{OH-CH}_3}}{n_T} = \frac{(0,3594 - 0,1998) \text{ mol}}{0,6091 \text{ mol}} = \mathbf{0,262} \quad \chi_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_T} = \frac{0,1998 \text{ mol}}{0,6091 \text{ mol}} = \mathbf{0,328}$$

ACTIVIDADES (página 333)

3. Describe la estructura molecular de los alcoholes, los métodos de obtención, sus propiedades e importancia.Estructura molecular

Los alcoholes son compuestos orgánicos que contienen uno o más grupos hidroxilo ($-\text{OH}$) unidos directamente a átomos de carbono. El resto de los enlaces son con hidrógenos. De forma general su estructura se representa: **$R-\text{OH}$** .

El hidroxilo $-\text{OH}$ es el grupo funcional de los alcoholes y, por tanto, el responsable de sus propiedades físico-químicas. Se puede presentar en cualquier posición de la cadena carbonada, dando lugar a los alcoholes primarios (terminal), secundarios o terciarios.

Propiedades

Debido a la electronegatividad del oxígeno, el enlace $\text{O}-\text{H}$ es polar, por lo que tanto los alcoholes como los fenoles pueden formar enlace de hidrógeno intermolecular. Esto influye en sus propiedades de la siguiente forma:

- Tienen puntos de fusión y ebullición elevados con respecto a alcanos de la misma masa molecular.
- Los alcoholes de baja masa molecular presentan una alta solubilidad en agua. Cuando aumenta el número de átomos de carbono de la cadena, también aumenta la parte hidrófoba y disminuye la solubilidad del alcohol.
- Son ácidos débiles en disolución acuosa.

Métodos de obtención

Los principales métodos de obtención de alcoholes son:

- Hidratación de alquenos.
- Hidrólisis de halogenuros de alquilo.
- Reducción de compuestos carbonílicos.
- Mediante reactivos de Grignard.

Importancia

Los alcoholes son compuestos que cuentan con numerosas aplicaciones. Por ejemplo:

- El etano-1,2-diol (etilenglicol) se usa como anticongelante.
- El metanol se emplea como disolvente, como materia prima para la síntesis de metanal o del metil *terc*-butil éter y como combustible en motores de explosión.
- El etanol se utiliza como componente de un botiquín o de las bebidas alcohólicas.

4. Describe la estructura molecular de los ésteres, su obtención. Pon algún ejemplo de interés industrial.Estructura molecular

Los ésteres constituyen un grupo de derivados de los ácidos carboxílicos. El hidrógeno del grupo carboxilo $-\text{COOH}$ se sustituye por un radical orgánico ($-\text{COO}-R'$). El grupo funcional éster ($-\text{COO}-$) es el que les confiere sus características especiales. En general se representan como **$R-\text{COO}-R'$** .

Métodos de obtención

Los ésteres se forman mediante un proceso denominado esterificación, entre un ácido carboxílico y un alcohol. Durante la reacción, aparte del éster se produce agua, procedente del $-\text{OH}$ del ácido y el $-\text{H}$ del alcohol.

Ejemplo de interés industrial

Entre los más destacados a nivel industrial está el polietilentereftalato de metilo, conocido en forma de fibra por dacrón y en forma de plástico como PET. Es un polímero muy usado en envases de bebidas y en textiles.

5. Escribe la fórmula y el nombre de un compuesto que se ajuste a las siguientes condiciones:

- a) Un alcohol primario de cuatro carbonos conteniendo átomos con hibridación sp^2 .
- b) Un ácido carboxílico de tres carbonos que no contenga carbonos con hibridación sp^3 .

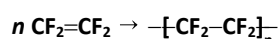
- a) but-2-en-1-ol $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{OH}$
 b) ácido propenoico $\text{CH}_2=\text{CH-COOH}$

ACTIVIDAD (página 343)

6. En condiciones adecuadas, el 1,1,2,2-tetrafluoroetano se polimeriza dando politetrafluoroetileno (teflón), un polímero muy usado como revestimiento antiadherente para utensilios de cocina.

- a) Formula la reacción de polimerización.
 b) Razona si es un homopolímero o un copolímero.
 c) Las propiedades físicas del polímero se deben sobre todo al elevado porcentaje de flúor que contiene el monómero, ¿cuál es el porcentaje en masa del flúor?

a) La reacción de polimerización es la siguiente:



- b) Es un **homopolímero** formado por la unión de monómeros iguales. El monómero que se repite es el tetrafluoroetano.
 c) Halla la masa molar del tetrafluoroetano, C_2F_4 :

$$M(\text{C}_2\text{F}_4) = 12,01 \cdot 2 + 19,00 \cdot 4 = 100,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

La parte que corresponde al fluor es:

$$M(\text{de F}) = 19,00 \cdot 4 = 76,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Por tanto, cada 100,02 g de C_2F_4 contienen 76 g de flúor. El porcentaje en masa que tiene de flúor es:

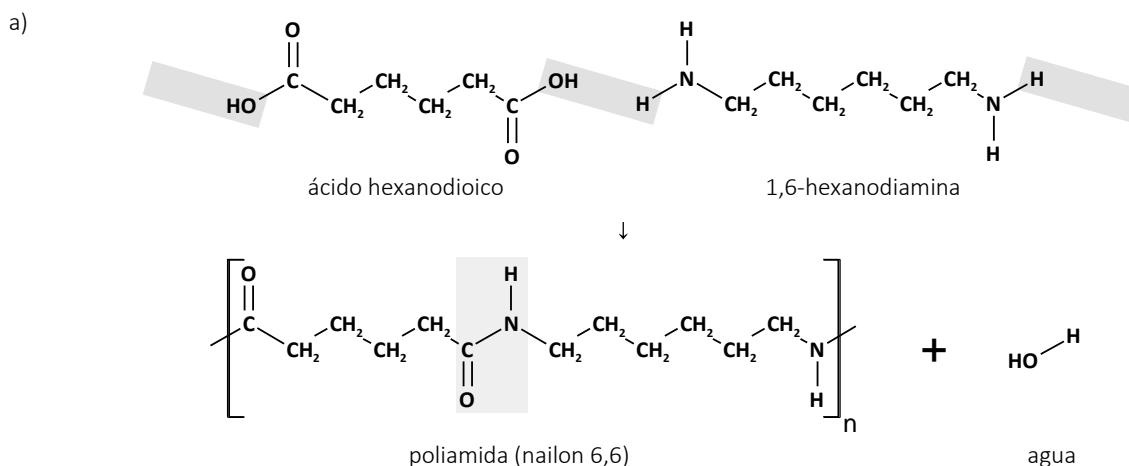
$$\%m(\text{F}) = \frac{76 \text{ g de F}}{100,02 \text{ g de } \text{C}_2\text{F}_4} \cdot 100 = 75,95\% \approx \mathbf{76\%}$$

ACTIVIDADES (página 348)

7. Las poliamidas, también llamadas nailones, poseen una gran variedad de estructuras. Una de ellas, el nailon 6,6, se obtiene a partir del ácido hexanodioico y de la 1,6-hexanodiamina siguiendo el esquema que se indica a continuación:



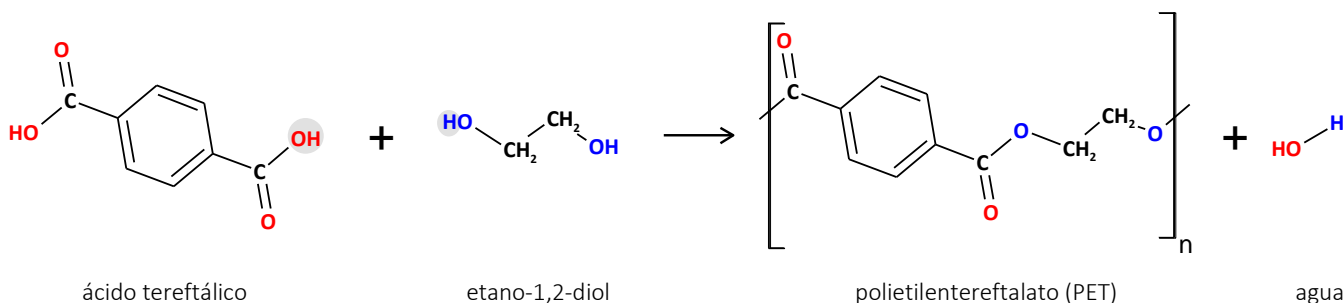
- a) Formula los compuestos que aparecen en la reacción.
 b) ¿Qué tipo de reacción química se da en este proceso?
 c) ¿Qué otro tipo de reacción de obtención de polímeros sintéticos conoces? Pon un ejemplo de uno de estos polímeros y menciona alguna aplicación del mismo.



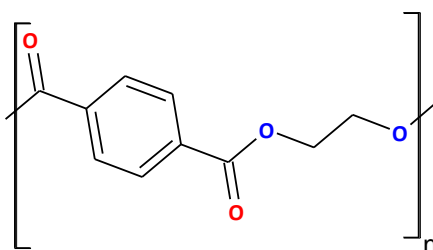
- b) La reacción que tiene lugar en este proceso es **reacción de polimerización por condensación** entre los dos grupos $-\text{COOH}$ del ácido hexanodioico y los dos grupos $-\text{NH}_2$ de la 1,6-hexanodiamina. La reacción se lleva a cabo por los dos extremos de la cadena, dando lugar a un polímero de condensación, el nailon 6,6. Los números se corresponden con el número de átomos de carbono que tienen el ácido dicarboxílico y la diamina.
- c) Además de la reacción anterior, también es muy habitual la **reacción de polimerización por adición**.
- Un ejemplo de este tipo de reacción es la polimerización del eteno (etileno) para dar polietileno.

8. Comenta la fórmula y propiedades del polímero de condensación basado en el grupo éster que elijas.

Se puede comentar cualquier polímero de condensación que genere un grupo éster, como puede ser el polietilentereftalato (PET). Para conseguir la fibra se realiza la polimerización en una sola etapa, y para obtener el plástico son necesarias dos etapas a partir de un polímero en estado sólido. La reacción de polimerización es:



La estructura simplificada del PET es:



El PET como fibra tiene estas propiedades:

- Nombre comercial: dacrón.
- No se arruga.
- No tiene tendencia a captar humedad.

El PET como plástico se caracteriza por:

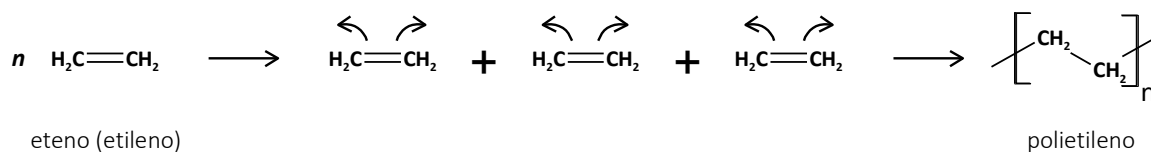
- Nombre comercial: PET.
- Es un termoplástico.

9. Indica la estructura de los siguientes polímeros: polietileno y algún tipo de nailon. Propón además las reacciones de formación de ambos.

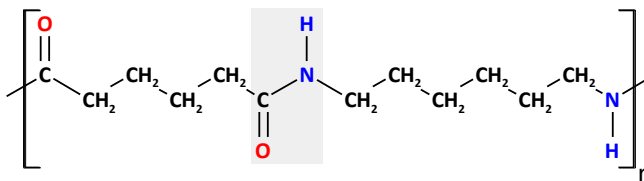
El polietileno es un homopolímero cuyo monómero es el eteno. Su estructura puede ser de dos tipos:

- Lineal: polietileno de alta densidad, PE-AD que es duro.
- Ramificada: polietileno de baja densidad, PE-BD, mucho más flexible debido a la ramificación de sus cadenas.

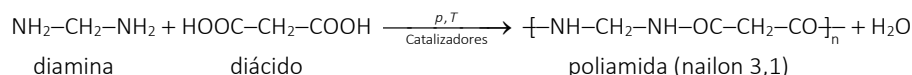
La reacción de formación del polietileno es la siguiente:



El nailon es un polímero que pertenece al grupo de las poliamidas. Su estructura es:



Se forma mediante la reacción entre ácidos dicarboxílicos y diaminas:



ACTIVIDADES FINALES (página 357)

Compuestos orgánicos sencillos

10. Evalúa razonadamente si son ciertas o falsas las siguientes afirmaciones sobre la reactividad de los alcoholes:

- Los alcoholes tienen carácter ácido débil.
 - Por deshidratación intramolecular dan alquenos en una reacción de eliminación.
 - Los alcoholes no pueden ser reactivos en reacciones de sustitución.
 - Los alcoholes primarios se oxidan fácilmente, obteniendo un ácido del mismo número de átomos de carbono.
- El hidrógeno del grupo hidroxilo, que es el que tiene propiedades ácidas, no presenta tanta tendencia a ser cedido como en los ácidos orgánicos, por lo que los alcoholes serán ácidos más débiles. La afirmación es **verdadera**.
 - Las reacciones de eliminación pueden perder una molécula de agua entre dos carbonos, siendo uno el que contiene el grupo hidroxilo. A esta reacción se la denomina deshidratación de alcoholes intramolecular. La afirmación es **verdadera**.
 - Se dan reacciones de sustitución por reacción con haluros de alquilo y otros reactivos orgánicos más específicos. La afirmación es **falsa**.
 - Los alcoholes primarios (terminales) se oxidan primero a aldehídos y, si la reacción sigue adelante, terminan convirtiéndose en ácidos por el mismo carbono que estaba unido al grupo hidroxilo, por lo que el número de átomos de carbono de la molécula es el mismo. La afirmación es **verdadera**.

11. Los alcoholes reaccionan con los ácidos orgánicos, en presencia de catalizadores, formando ésteres:

- Escribe la reacción de esterificación entre el propanol y el ácido etanoico.
 - Nombra el éster obtenido e indica el grupo funcional que tienen los ésteres.
- a) La reacción de condensación o esterificación entre el grupo ácido (-COOH) y el grupo alcohol (-OH) es la siguiente:

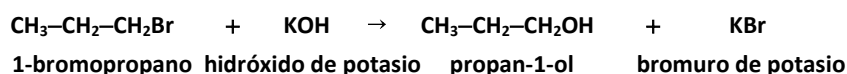


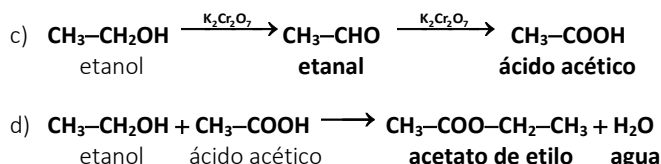
- b) El éster obtenido es el **etanoato de propilo**. El grupo éster es el -COO-, en el que aparece el carbono que forma parte del grupo carbonilo del ácido (-CO) unido al oxígeno procedente del alcohol (-O-).

12. Completa las siguientes reacciones, con su fórmula. Nombra las sustancias que las integran e identifica el tipo de reacción (sustitución, eliminación, etc.) en cada caso.

- 1-bromopropano + KOH → ...
- ácido acético + KMnO₄ → ...
- etileno + calor → ...

- a) Se trata de una reacción de sustitución del halógeno por el grupo hidroxilo:



**15. Dado el pentan-1-ol.**

- a) Escribe su fórmula semidesarrollada.
- b) Escribe la fórmula semidesarrollada de un isómero de posición, otro de cadena y otro de función. Nombra los compuestos anteriores.
- c) Formula y nombra el producto de reacción del pentan-1-ol y el ácido etanoico, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, indicando el tipo de reacción.

a) La fórmula semidesarrollada del pentanol es: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$

b) Isómero de posición:



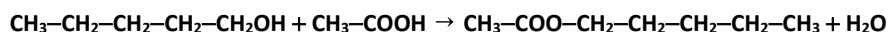
Isómero de cadena:



Isómero de función:



c) Se trata de una reacción de **esterificación**, en la que se obtiene **etanoato de pentilo**:

**16. Se ha analizado un monoalcohol saturado. Como resultado sabemos que contiene 13,41 % en masa de hidrógeno y que por oxidación da lugar a un aldehído. Calcula la fórmula molecular del alcohol y nómbralo.**

El alcohol debe ser un alcohol primario para que el producto de la oxidación sea un aldehído. Por tanto, podría ser: metanol, etanol, 1-propanol, 1-butanol, ... Al ser saturado, todos los enlaces deben ser simples. Por eso, la fórmula molecular general de un alcohol con estas características es: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$.

Calcula la masa molar general, la masa de hidrógeno que contiene. Compara las masas con el resultado del porcentaje conocido, 13,41 % en masa de hidrógeno.

Masa molar general:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}) = 12,01 \cdot n + 1,008 \cdot (2n + 2) + 16,00 = (14,026 \cdot n + 18,016) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Masa de hidrógeno:

$$M(2n + 2 \text{ átomos de H}) = 1,008 \cdot (2n + 2) = (2,016 \cdot n + 2,016) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Comparación de ambas masas:

$$\% m_{\text{H}} = \frac{m_{\text{H}}}{m_{\text{T}}} = \frac{2,016 \cdot n + 2,016}{14,026 \cdot n + 18,016} \cdot 100 = 13,41\%$$

Resuelve la igualdad:

$$n = 2,96 \approx 3$$

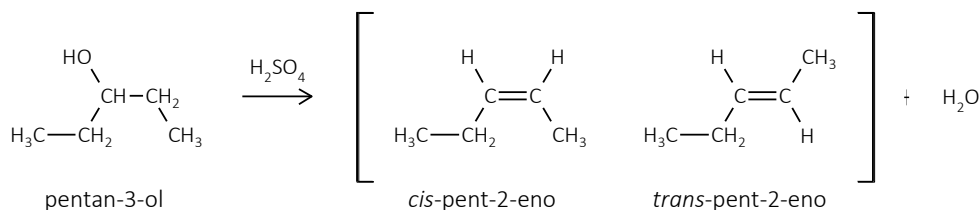
El alcohol buscado es el **1-propanol**, ya que su porcentaje en masa en hidrógeno calculado es el que más se aproxima al dato de 13,41 % de hidrógeno que da el enunciado.

17. Sea el alcohol $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_2\text{-CH}_3$, evalúa si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) El alcohol reacciona con H_2SO_4 concentrado para dar dos compuestos isómeros geométricos.
- b) El alcohol no presenta isomería óptica.

c) El alcohol adiciona H_2 para dar $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$.

a) El compuesto que se produce en la deshidratación del pentan-3-ol es el pent-2-eno, que presenta isomería geométrica. La afirmación es **verdadera**.



b) El pentan-3-ol no tiene un carbono asimétrico y, por tanto, no posee isomería óptica. Los carbonos 1 y 5 en los extremos tienen 3 sustituyentes iguales (H_3). Los carbonos 2 y 4 tienen 2 sustituyentes iguales (H_2). El carbono 3, carbono central de la cadena, tiene dos sustituyentes iguales ($-CH_2-CH_3$). La afirmación es **verdadera**.

c) Como el pentan-3-ol no tiene doble enlace, por eso no puede adicionar. La reacción propuesta es de sustitución. La afirmación es **falsa**.

18. El análisis de la masa de los productos resultantes de la combustión de una sustancia orgánica oxigenada ha indicado que posee 52,15% de C y 13,04% de H. La densidad en fase gaseosa, a 0 °C y 1 atm, es $d = 2,0536 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Calcula:

a) La fórmula empírica y molecular de la sustancia.

b) Escribe y nombra dos compuestos distintos con la fórmula molecular que has hallado.

a) Si posee 52,15% de C y 13,04% de H, el porcentaje en masa de oxígeno será:

$$\%m_O = (100 - 52,15 - 13,04) = 34,81\%$$

Sea $C_xH_yO_z$ la fórmula empírica de la sustancia orgánica. Determina la cantidad de cada elemento en 100 g de compuesto:

$$M(C) = 12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_C = 52,15 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}}{12,01 \text{ g de C}} = 4,342 \text{ mol de C}$$

$$M(H) = 1,008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_H = 13,04 \text{ g de H} \cdot \frac{1 \text{ mol de H}}{1,008 \text{ g de H}} = 12,94 \text{ mol de H}$$

$$M(O) = 16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_O = 34,81 \text{ g de O} \cdot \frac{1 \text{ mol de O}}{16,00 \text{ g de O}} = 2,176 \text{ mol de O}$$

Divide por el menor para obtener el número de átomos de cada elemento:

$$x = \frac{4,342 \text{ mol}}{2,176 \text{ mol}} = 1,996 \approx 2; \quad y = \frac{12,94 \text{ mol}}{2,176 \text{ mol}} = 5,946 \approx 6; \quad z = \frac{2,176 \text{ mol}}{2,176 \text{ mol}} = 1$$

Por tanto, la fórmula empírica del compuesto es **C_2H_6O** .

A continuación calcula la masa molar del compuesto con la ecuación de estado de los gases ideales:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot M = \frac{m}{V} \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot M = d \cdot R \cdot T \Rightarrow M = \frac{d \cdot R \cdot T}{p}$$

$$M = \frac{2,0536 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 46,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Como la fórmula molecular del compuesto contiene n veces la fórmula empírica, tenemos:

$$M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 12,01 \cdot 2 + 1,008 \cdot 6 + 16,00 = 46,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M[(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})_n] = n \cdot M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) \Rightarrow n = \frac{M[(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})_n]}{M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})} = \frac{46,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{46,07 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,998 \approx 1$$

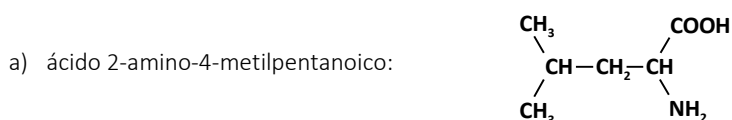
Por tanto, la fórmula molecular del compuesto coincide con su fórmula empírica y es **C₂H₆O**.

b) Dos ejemplos de compuestos orgánicos que responden a la fórmula molecular C₂H₆O son los mostrados a continuación:

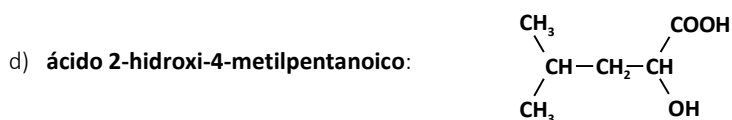
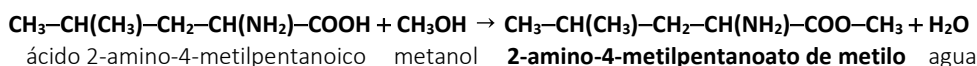
- **etanol:** CH₃-CH₂OH
- **dimetil éter:** CH₃-O-CH₃

19. El nombre sistemático del aminoácido leucina es **ácido 2-amino-4-metilpentanoico**.

- a) Escribe su fórmula semidesarrollada.
- b) Formula y nombra un compuesto isómero de cadena de la leucina.
- c) Escribe la reacción de la leucina con el metanol, nombra los posibles productos e indica de qué tipo de reacción se trata.
- d) En la leucina se sustituye el grupo amino por un grupo alcohol, formula y nombra el compuesto resultante.



c) Se trata de una reacción de **esterificación**:



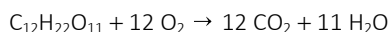
Biopolímeros

20. La sacarosa es el nombre del azúcar común, C₁₂H₂₂O₁₁. Cuando reacciona con O₂ se forma CO₂ y H₂O desprendiendo 348,9 kJ · mol⁻¹ a presión atmosférica. Los pulmones llevan al organismo, en promedio, 26 mol de O₂ en 24 horas. Con esta cantidad de oxígeno disponible:

a) ¿Qué masa de sacarosa pueden reaccionar al día?

b) ¿Cuántos kJ se producirán en la combustión?

a) Escribe la ecuación de combustión ajustada:



Halla la masa de sacarosa que puede reaccionar al día usando su masa molar:

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12,01 \cdot 12 + 1,008 \cdot 22 + 16,00 \cdot 11 = 342,30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 26 \frac{\text{mol de O}_2}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{12 \text{ mol de O}_2} \cdot \frac{342,30 \text{ g de C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{1 \text{ mol de C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 741,7 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

b) Calcula la energía desprendida en la combustión:

$$\Delta E = 26 \frac{\text{mol de O}_2}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{12 \text{ mol de O}_2} \cdot \frac{348,9 \text{ kJ}}{1 \text{ mol de C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 756 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

21. De las siguientes afirmaciones solo una es verdadera. ¿Cuál es?

- Los ácidos nucleicos son polímeros constituidos por aminoácidos.
 - En el ADN solo es posible encontrar cuatro bases nitrogenadas, adenina, guanina, citosina y uracilo.
 - La estructura tridimensional de ADN se debe a la formación de enlaces de hidrógeno entre los pares de bases A–T y C–G.
 - El ARN tiene en su estructura el azúcar desoxirribosa.
- Los ácidos nucleicos son polímeros de nucleótidos. La afirmación es falsa.
 - Las bases nitrogenadas en el ADN son adenina, guanina, citosina y timina. La afirmación es falsa.
 - Los pares de bases en el ADN son adenina (A), que enlaza con timina (T), y guanina (G) que enlaza con citosina (C). La afirmación es **verdadera**.
 - En el ARN el azúcar que interviene es la ribosa. La afirmación es falsa.

La única afirmación verdadera es la **c**).

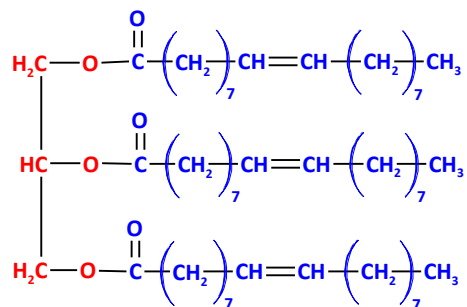
22. Explica si la afirmación siguiente es verdadera o falsa

La fermentación es un proceso en el cual azúcares y carbohidratos se transforman en metanol y dióxido de carbono.

La fermentación es un proceso en el cual azúcares y carbohidratos se transforman en etanol y dióxido de carbono. La afirmación es **falsa**.

23. Escribe la estructura y el nombre del ácido graso que se forma por reacción de la glicerina con 3 unidades de ácido oleico.

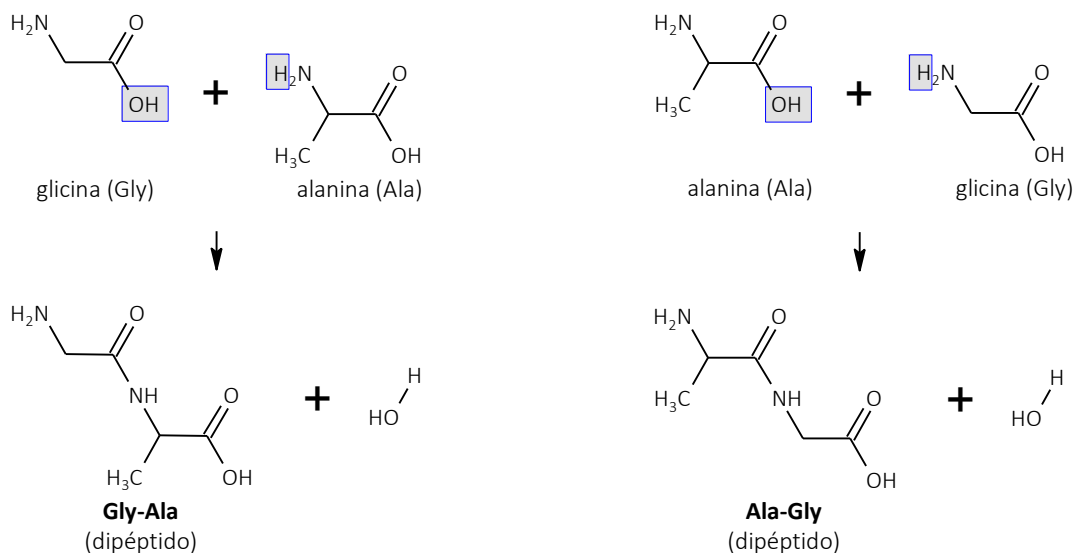
En esta reacción se forma el **trioleato de glicerilo**, cuya estructura es la siguiente:



ACTIVIDADES FINALES (página 358)

24. Dados los aminoácidos: glicina, $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$; y, alanina, $\text{CH}_3\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$. Escribe la fórmula semidesarrollada del dipéptido y nombra la estructura resultante utilizando las dos nomenclaturas abreviadas.

Se forma enlace peptídico: **Gly-Ala, G-A**; o **Ala-Gly, A-G**.



25. ¿Qué monosacáridos se obtienen cuando se hidroliza la celulosa? ¿Y el glucógeno?

En ambos casos se obtiene el mismo monosacárido: α -D-glucosa.

Polímeros sintéticos

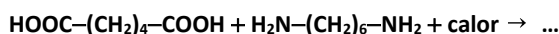
26. ¿En qué se parece y en qué se diferencia un polipéptido del nailon? Justifica la respuesta.

Ambos son **poliamidas alifáticas**. Se parecen en el **enlace amida** que se repite n veces; y se diferencian en la **estructura de monómeros**.

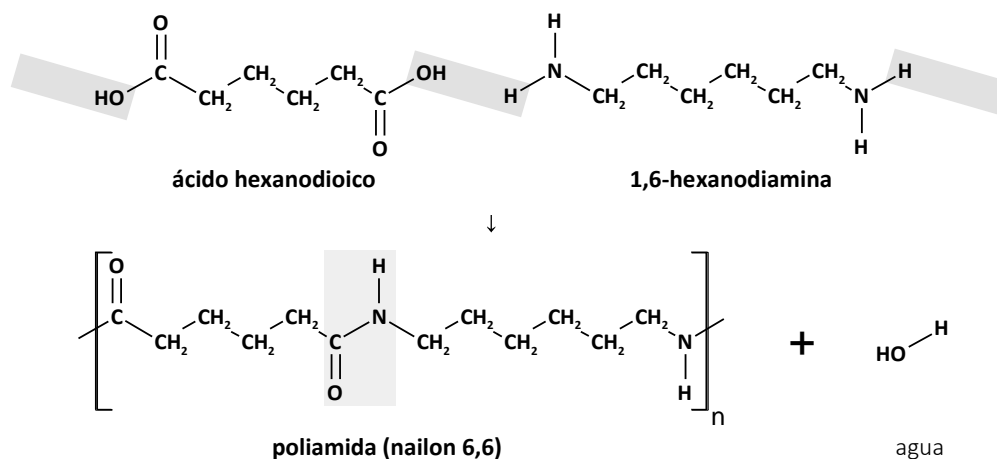
Los polipéptidos son estructuras más sencillas que las proteínas, formados por la repetición de secuencias cortas de aminoácidos.

Los nailones son polímeros formados por policondensación de dos monómeros (diácido y diamina).

27. Completa la reacciones, con fórmula y nombre, de las sustancias que las integran e identifica el tipo de reacción (sustitución, eliminación, etc.):



Reacción de **condensación** entre un ácido y una amina para formar amidas:

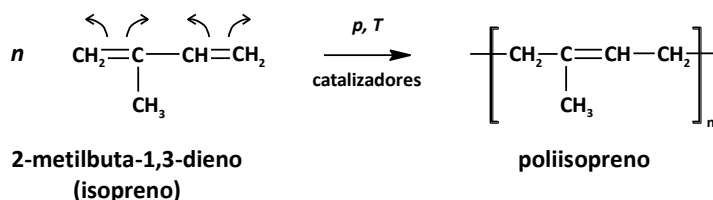


28. El polietileno y el PVC son dos polímeros de interés industrial. Se utilizan en la fabricación de tuberías, botellas y prendas impermeables:

- Formula los monómeros.
- Justifica de qué tipo de polímeros se trata.
- Uno de los dos polímeros del enunciado es más contaminante porque su reacción de combustión contiene productos peligrosos, ¿de cuál se trata?
 - El polietileno tiene como monómero al eteno (etileno): $\text{CH}_2=\text{CH}_2$.
El PVC, policloruro de vinilo, tiene como monómero al cloruro de vinilo (cloroeteno): $\text{CHCl}=\text{CH}_2$.
 - El polietileno y el policloruro de vinilo son ambos **polímeros de adición**, ya que presentan dobles enlaces en sus monómeros. Se forman por la adición de unos monómeros a otros vía radicalica. De esa manera quedan unidos formando largas cadenas.
 - Se trata del **PVC**. Entre los gases generados durante la combustión del PVC se produce cloro, que es una sustancia contaminante para el medio ambiente y peligrosa para la salud humana.

29. La polimerización del 2-metilbuta-1,3-dieno produce una sustancia muy elástica y de propiedades muy parecidas a un polímero natural. Contesta:

- ¿De qué polímero natural se trata?
- Escribe la reacción de polimerización del compuesto.
- Justifica de qué tipo de polimerización se trata.
 - Se trata del **caucho**, que según estudios químicos está compuesto en una gran proporción por isopreno (2-metilbuta-1,3-dieno).
 - Cuando se produce la reacción quedan todos los monómeros unidos con un doble enlace entre los carbonos 2 y 3, debido a que reacciona como un dieno. La reacción de polimerización es la siguiente:



- Se trata de una **polimerización por adición**.

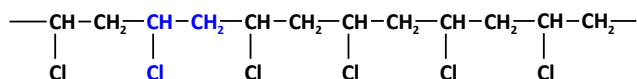
30. Haz corresponder uniendo con flechas en tu cuaderno cada polímero con su característica.

PVC (cloruro de polivinilo)	●	●	Feniletano (estireno)
Polietileno	●	●	Cloroeteno
Poliestireno	●	●	Condensación
Nailon-6,6 (poliamida)	●	●	Bolsas
PVC (cloruro de polivinilo)	●	●	Feniletano (estireno)
Polietileno	●	●	Cloroeteno
Poliestireno	●	●	Condensación
Nailon-6,6 (poliamida)	●	●	Bolsas

31. El cloruro de polivinilo, conocido por las siglas PVC, es un polímero del cloruro de vinilo (cloroeteno).

- Escribe la fórmula del monómero.
- Escribe un fragmento de este polímero señalando uno de los monómeros.
- Explica el mecanismo por el que transcurre su polimerización.
 - El monómero es el cloruro de vinilo (cloroeteno), cuya fórmula es $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$.

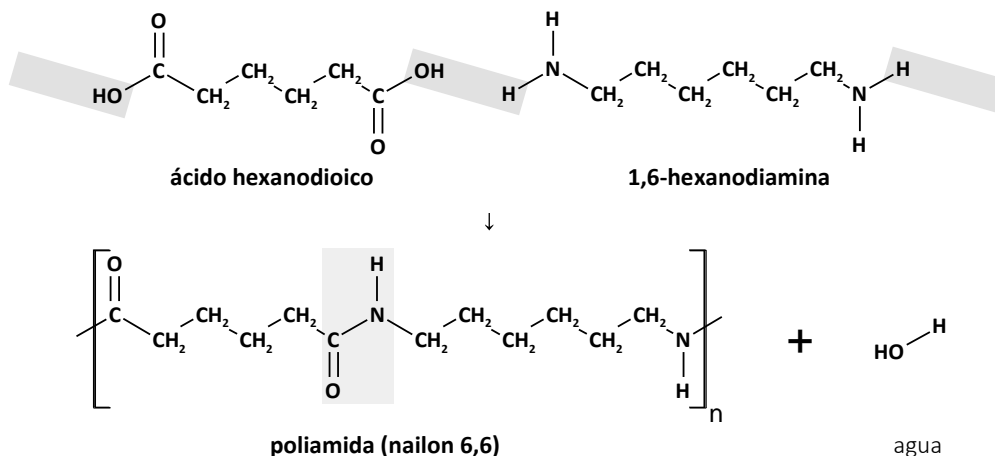
b) Un fragmento del PVC es el siguiente, el monómero está destacado en azul:



c) Tiene lugar una **polimerización por adición**, mediante la unión repetida de varias unidades de monómero, sin la eliminación de ninguna molécula (como el H₂O). El polímero PVC es el resultado de la reorganización de los enlaces del monómero cloruro de vinilo (cloroeteno).

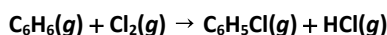
32. El nailon 6,6 es una poliamida que se produce por reacción entre la 1,6-hexanodiamina y el ácido hexanodioico. Formula los monómeros constituyentes y una unidad esquemática del polímero.

La reacción de condensación descrita es:



Aplicaciones de la química orgánica

33. El HCl se obtiene en la industria como uno de los subproductos de la preparación de derivados halogenados. Una de las reacciones que da lugar a este compuesto es:

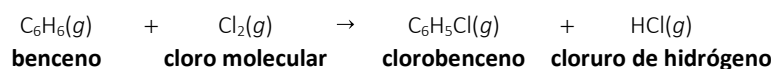


a) Nombra reactivos y productos implicados en la reacción.

b) Indica el tipo de reacción.

c) ¿Qué significa que el HCl sea un subproducto de reacción?

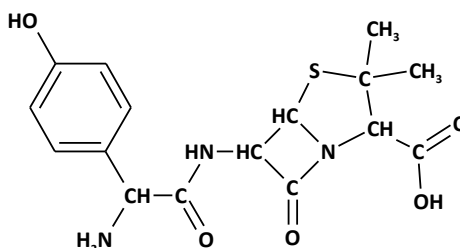
a) La reacción que tiene lugar es:



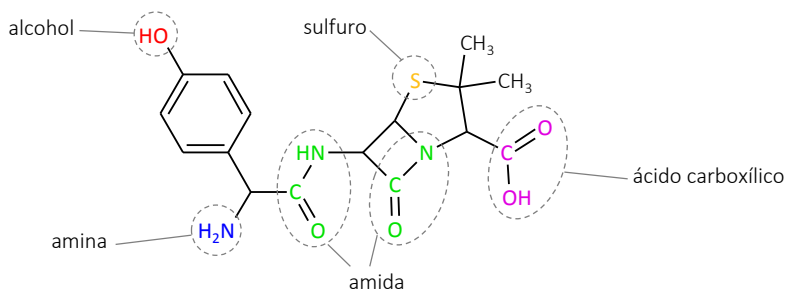
b) Se trata de una **reacción de sustitución electrófila aromática** en un sustrato como el benceno. Se sustituye un hidrógeno del anillo por un cloro, liberándose cloruro de hidrógeno.

c) El HCl es un subproducto porque la síntesis principal era la de clorobenceno. El HCl se obtiene asociado al proceso.

34. Augmentine es el nombre comercial de un medicamento que se utiliza para el tratamiento de infecciones bacterianas. Cada comprimido contiene 500 mg del principio activo, la amoxicilina, C₁₆H₁₉N₃O₅S. Su estructura se puede ver en la figura.



- a) Indica el nombre de dos grupos funcionales presentes en la molécula de amoxicilina.
- b) Teniendo en cuenta que el tratamiento habitual en un adulto es de un comprimido cada 8 horas durante una semana. ¿Cuántos moles de amoxicilina habrá tomado un adulto durante el tratamiento?
- a) La molécula de amoxicilina presenta los siguientes grupos funcionales: **alcohol** (1), **amina** (1), **amida** (2), **sulfuro** (1) y **ácido carboxílico** (1).



- b) Calcula los moles de amoxicilina que toma un adulto durante todo el tratamiento, teniendo en cuenta que tomará en total 21 comprimidos de 500 mg cada uno (3 comprimidos durante 7 días):

$$M(C_{16}H_{19}N_3O_5S) = 12,01 \cdot 16 + 1,008 \cdot 19 + 14,01 \cdot 3 + 16,00 \cdot 5 + 32,06 = 365,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{C_{16}H_{19}N_3O_5S} = 0,500 \frac{\text{g de } C_{16}H_{19}N_3O_5S}{\text{comprimidos}} \cdot \frac{21 \text{ comprimidos}}{\text{tratamiento}} \cdot \frac{1 \text{ mol de } C_{16}H_{19}N_3O_5S}{365,4 \text{ g de } C_{16}H_{19}N_3O_5S} = 0,029 \frac{\text{mol}}{\text{tratamiento}}$$

35. El análisis elemental de un fármaco indica que contiene un 60% de C, 4,44% de H y el resto de O. Calcula su fórmula empírica y masa molar sabiendo que 9,0 g de dicho fármaco contiene $3,011 \cdot 10^{22}$ moléculas.

Dato: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Si el fármaco posee 60% de C y 4,44% de H, el porcentaje en masa de oxígeno será:

$$\%m_O = 100 - 60 - 4,44 = 35,56 \%$$

Sea $C_xH_yO_z$ la fórmula empírica de la sustancia orgánica. Determina la cantidad de cada elemento en 100 g de compuesto:

$$M(C) = 12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_C = 60 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}}{12,01 \text{ g de C}} = 4,996 \text{ mol de C}$$

$$M(H) = 1,008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_H = 4,44 \text{ g de H} \cdot \frac{1 \text{ mol de H}}{1,008 \text{ g de H}} = 4,405 \text{ mol de H}$$

$$M(O) = 16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_O = 35,56 \text{ g de O} \cdot \frac{1 \text{ mol de O}}{16,00 \text{ g de O}} = 2,223 \text{ mol de O}$$

Divide por el menor para obtener la proporción de átomos frente al menor de ellos:

$$x = \frac{4,996 \text{ mol}}{2,223 \text{ mol}} = 2,248 \approx 2,25; \quad y = \frac{4,405 \text{ mol}}{2,223 \text{ mol}} = 1,982 \approx 2; \quad z = \frac{2,223 \text{ mol}}{2,223 \text{ mol}} = 1$$

Los valores de los subíndices deben ser todos número entero, así que buscamos la proporción a los números enteros más sencillos. Teniendo en cuenta que:

$$x \approx 2,25 = \frac{9}{4}$$

Multiplica los valores por 4 y quedan números enteros sencillos: $x = 9$; $y = 8$; $z = 4$. Por tanto, la fórmula empírica del compuesto es **$C_9H_8O_4$** .

Calcula la masa molar del compuesto sabiendo que 9,0 g de dicho fármaco contiene $3,011 \cdot 10^{22}$ moléculas:

$$M(\text{fármaco}) = \frac{9,0 \text{ g}}{3,011 \cdot 10^{22} \text{ moléculas}} \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} = 180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Como la fórmula molecular del compuesto contiene n veces la fórmula empírica, tenemos:

$$M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 12,01 \cdot 9 + 1,008 \cdot 8 + 16,00 \cdot 4 = 180,15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M[(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_n] = n \cdot M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) \Rightarrow n = \frac{M[(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_n]}{M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)} = \frac{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{180,15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,999 \approx 1$$

Por tanto, la fórmula molecular del compuesto coincide con su fórmula empírica y es **C₉H₈O₄**.

36. El petróleo está compuesto por una mezcla de hidrocarburos, además de otras sustancias que contienen nitrógeno y azufre.

a) Indica, justificadamente, los productos posibles de su combustión.

b) ¿Cuáles de estos productos obtenidos resultan perjudiciales para el medio ambiente? En concreto, ¿qué efectos producen en la atmósfera?

a) En la combustión de un hidrocarburo (compuesto orgánico formado por átomos de carbono e hidrógeno) se generan dióxido de carbono y agua. Además, el petróleo puede ir acompañado de impurezas que contengan nitrógeno y azufre.

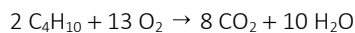
Por tanto, además del **dióxido de carbono** y del **agua**, durante la combustión del petróleo se producen también **óxidos de azufre** y **óxidos de nitrógeno**.

b) El vapor de agua y el dióxido de carbono son gases que participan en el efecto invernadero, impiden la salida de las emisiones infrarrojas de la superficie terrestre. El efecto invernadero es un fenómeno natural (imprescindible para que la vida se dé tal y como la conocemos hoy en día), no es perjudicial para el medio ambiente. El vapor de agua se regula de un modo natural, pues cuando se condensa ya no absorbe la radiación infrarroja. El exceso de emisiones de CO₂ desequilibra el efecto invernadero y colabora en el sobrecalentamiento de la atmósfera y, por tanto, del planeta.

Los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno son los principales causantes de la lluvia ácida (también el dióxido de carbono aunque en menor medida), al reaccionar con el agua en suspensión de las nubes y nieblas acidificando la mezcla. Los óxidos de nitrógeno también participan en el efecto invernadero, aunque en menor medida que el vapor de agua y el dióxido de carbono.

37. Calcula el volumen de aire necesario, medido a 20 °C y 1 atm, para quemar completamente la carga de una bombona de butano que contiene 12,5 kg de combustible sabiendo que en el aire hay un 21 % en volumen de oxígeno. Dato: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Escribe la ecuación química ajustada correspondiente a la combustión del butano:



Halla la cantidad de oxígeno necesario para reaccionar con 12,5 kg de butano:

$$M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 12,01 \cdot 4 + 1,008 \cdot 10 = 58,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 12500 \text{ g de C}_4\text{H}_{10} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}_4\text{H}_{10}}{58,12 \text{ g de C}_4\text{H}_{10}} \cdot \frac{13 \text{ mol de O}_2}{2 \text{ mol de C}_4\text{H}_{10}} = 1397,97 \text{ mol de O}_2$$

A continuación calcula el volumen de oxígeno con la ecuación de estado de los gases ideales:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1397,97 \text{ mol de O}_2 \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (20 + 273) \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 33587,6 \text{ L de O}_2$$

Ten en cuenta que en el aire hay un 21 % en volumen de oxígeno, halla el volumen de aire necesario:

$$V(\text{aire}) = 33587,6 \text{ L de O}_2 \cdot \frac{100 \text{ L de aire}}{21 \text{ L de O}_2} = 159941 \text{ L} \approx 160000 \text{ L}$$

QUÍMICA EN TU VIDA (página 360)

INTERPRETA

1. ¿Cuánto tiempo conlleva de media la fase clínica? ¿Y la preclínica?

Como podemos ver en la figura, la fase clínica tiene una duración media de seis años.

La fase preclínica conlleva unos cuatro años.

REFLEXIONA

2. ¿Qué implicaciones puede tener este proceso tan largo a la hora de aprobar un medicamento?

Este proceso tan largo tiene la ventaja de que se asegura la seguridad del fármaco en los seres humanos, ya que se realizan diversas pruebas y ensayos para comprobar los distintos parámetros involucrados: eficacia, posología, efectos adversos, etc.

Sin embargo, una consecuencia negativa es que hay ocasiones en las que muchos enfermos no se benefician de un fármaco que se prevé seguro y eficaz, porque todavía quedan algunos años para su aprobación definitiva. La única forma que tendrían de acceder al fármaco sería participar en los ensayos clínicos, y esta no es siempre una vía accesible, ya que depende del hospital de tratamiento, lugar de residencia, etc.

En cualquier caso, sí que sería beneficioso intentar reducir este tiempo tan prolongado, optimizando al máximo los recursos disponibles.

USA LAS TIC

3. Investiga cuál es el objetivo de cada fase a la hora de sintetizar un nuevo medicamento, y las etapas en la que se subdivide a su vez cada una de ellas.

Fase preclínica

Objetivo: predecir cómo actúa el candidato a fármaco sobre el organismo y viceversa, y determinar si el candidato a fármaco puede entrañar posibles riesgos para la salud o efectos secundarios tóxicos. Los estudios preclínicos se realizan en un contexto científicamente controlado, utilizando cultivos celulares y animales como modelos.

Fase clínica

Objetivo: determinar la seguridad, la posología, la eficacia, las reacciones adversas y los efectos secundarios a largo plazo del medicamento nuevo. Los ensayos clínicos se llevan a cabo en seres humanos y se realizan siguiendo normas armonizadas internacionales. La fase clínica se divide a su vez en estas etapas:

- Fase I: evaluar la seguridad, la tolerabilidad y la posología segura del fármaco. El grupo experimental suele oscilar entre 20 y 50 voluntarios, 100 a lo máximo. Normalmente son voluntarios sanos que no tienen la enfermedad.
- Fase II: determinar la eficacia y la seguridad del nuevo fármaco. Se investiga en un grupo más amplio de pacientes voluntarios, normalmente entre 100 y 300 personas.
- Fase III: confirmar la eficacia del nuevo fármaco y compararla con el placebo u otros tratamientos ya comercializados. Se estudia a cientos o miles de pacientes voluntarios.

Aprobación

Objetivo: vigilar la seguridad y la eficacia del fármaco cuando se utiliza ya en un contexto médico normal. Se estudia una población de pacientes que podría llegar a varios millones. Se trata de la fase IV. Al estudiar poblaciones más amplias y diversas, en ocasiones se descubren reacciones adversas, que no se observaron en fases anteriores. Si se descubre una reacción adversa, es probable que se retire el fármaco del mercado. La empresa promotora puede retirar voluntariamente el fármaco o un organismo regulador puede retirarlo del mercado. Se deben llevar a cabo nuevos estudios para evaluar la posibilidad de volver a incorporar el fármaco al mercado.

OPINA

4. Debate con tus compañeros sobre el voluntariado, remunerado o no, en los estudios en la fase clínica.

Respuesta abierta en la que se deben contemplar aspectos como el riesgo para la salud del voluntario, responsabilidad en caso de secuelas...

