

16

FUNCIONES ORGÁNICAS OXIGENADAS Y NITROGENADAS

16.1. ALCOHOLES Y FENOLES

1. Formula los siguientes compuestos:

2-butanol

3-hexen-1-ol

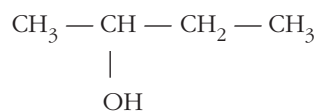
1,2-propanodiol

fenol

o-etilfenol

4-metil-2-hexin-1-ol

- 2-butanol:



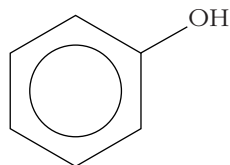
- 3-hexen-1-ol:



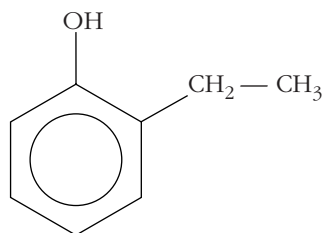
- 1,2-propanodiol:



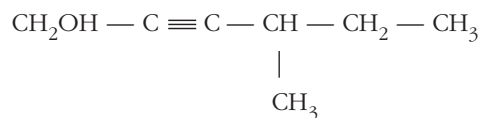
- Fenol:



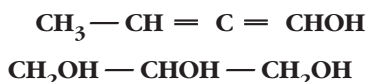
- O-etilfenol:



- 4-metil-2-hexin-1-ol:

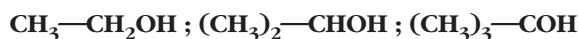


2. Nombra los siguientes compuestos:



- $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{C} = \text{CHOH}$ 1,2-butadien-1-ol
- $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ 1,2,3-propanotriol (glicerina)

3. Nombra los siguientes alcoholes y explica su distinto comportamiento frente a la oxidación:

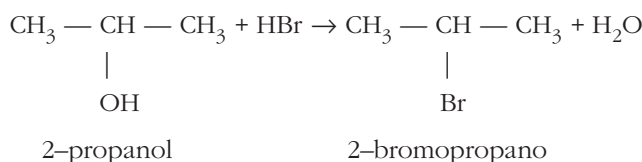


- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$: Es el etanol. Se trata de un alcohol primario que origina, por oxidación, primero el aldehído (etanal) y finalmente el ácido carboxílico (ácido etanoico o ácido acético).
- $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$: Se trata de un alcohol secundario, el 2-propanol, que al oxidarse da la cetona correspondiente (propanona). Esta solo se oxida con ruptura de la cadena hidrocarbonada, en condiciones de oxidación muy drásticas.
- $(\text{CH}_3)_3 - \text{COH}$: El metil-2-propanol es un alcohol terciario resistente a la oxidación (en condiciones normales).

4. Escribe la reacción química de obtención de 2-bromopropano a partir del alcohol que consideres adecuado.

La reacción de un alcohol con un haluro de hidrógeno produce un haloalcano, por sustitución del grupo $-\text{OH}$ por el halógeno $-\text{X}$.

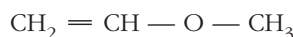
Para obtener el 2-bromopropano, debería utilizarse el 2-propanol, como se indica a continuación:



16.2. ÉTERES

1. Formula los siguientes compuestos: etenilmetiléter, dipropiléter y etoxipropano.

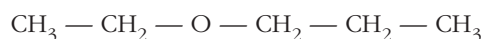
- Etenilmetiléter:



- Dipropiléter:



- Etoxipropano:



2. Nombra los siguientes compuestos:



• $\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{)—O—CH}_3$: Metilisopropiléter (se puede aprovechar esta actividad para introducir el radical isopropilo).

• $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—O—CH}_2\text{—CH=CH}_2$: etil-2-propeniléter.

3. Explica a qué factores puede ser debida la diferencia entre las temperaturas de ebullición de etanol (78,3 °C) y de dimetiléter (-24,9 °C).

Fíjate en que ambos compuestos tienen la misma fórmula molecular: C₂H₆O.

La fórmula molecular del etanol y del dimetiléter es la misma; sin embargo, tienen distinta fórmula estructural:

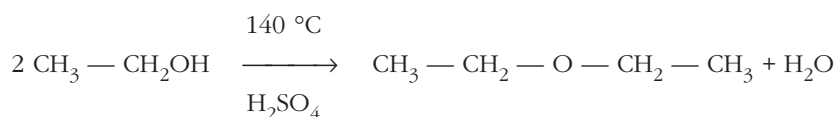


Como puede verse, el etanol puede formar enlaces de hidrógeno intermoleculares, más fuertes que las débiles fuerzas de Van der Waals que se establecen entre las moléculas de dimetiléter. Ello explica la diferencia tan acusada entre las temperaturas de ebullición de ambos compuestos.

4. Explica qué procedimiento seguirías para preparar dietiléter a partir del correspondiente alcohol.

Los éteres pueden prepararse por deshidratación intramolecular de un alcohol, al calentarlo con ácido sulfúrico a temperaturas que oscilan alrededor de 140 °C.

El alcohol que se ha de utilizar para obtener dietiléter es el etanol. La ecuación química del proceso es la siguiente:



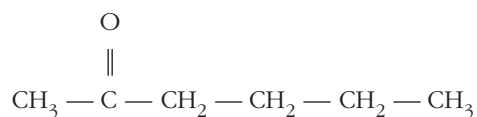
El ácido sulfúrico actúa como catalizador, recuperándose al final del proceso.

16.3. ALDEHÍDOS Y CETONAS

1. Formula los siguientes compuestos:

- 2-hexanona
- Pentanodial
- Metilbutanodial
- 2,5-dimetil-3-hexanona

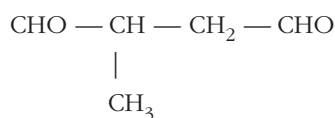
- 2-hexanona:



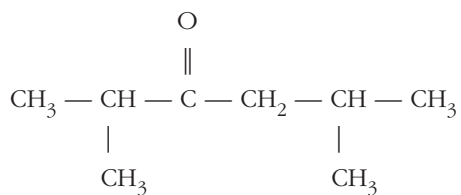
- Pentanodial:



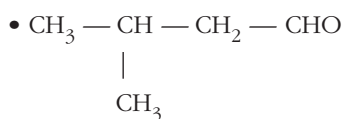
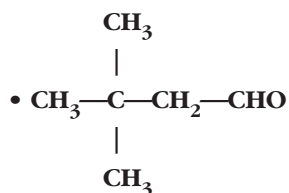
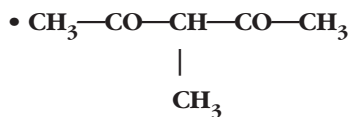
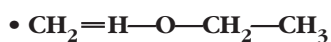
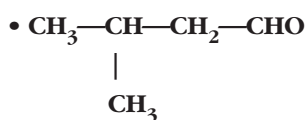
- Metilbutanodial:



- 2,5-dimetil-3-hexanona:



2. Nombra los siguientes compuestos:



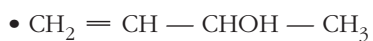
3-metilbutanal



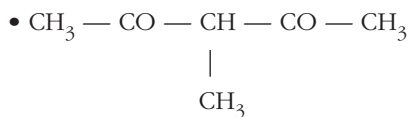
Propanodial



Eteniletéler



3-buten-2-ol

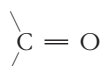


3-metil-2,4-pentadiona



3. Escribe todos los isómeros que correspondan a la fórmula molecular C₄H₈O. Indica comparativamente si se trata de isómeros de función, de posición o de cadena.

La proporción entre carbono e hidrógeno en la fórmula molecular indica que los compuestos deben tener en su estructura el grupo carbonilo:



Son isómeros, por tanto, los siguientes compuestos:

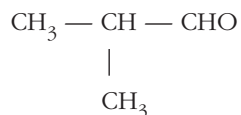
- Butanal:



- Butanona:



- Metilpropanal:



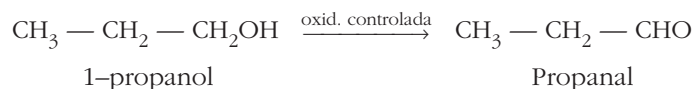
El butanal y el metilpropanal son isómeros de cadena; ambos son isómeros de función de la butanona.

4. Indica el alcohol que debe usarse para obtener: propanal, metilpropanal y butanona.

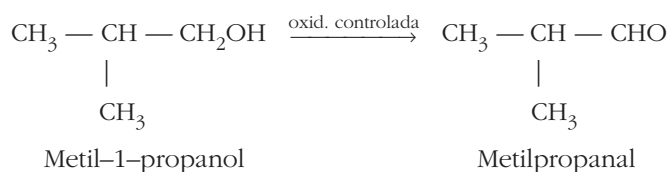
Escribe las tres reacciones de obtención.

Los aldehídos se obtienen por oxidación controlada de alcoholes primarios. Por su parte, las cetonas se obtienen por oxidación de alcoholes secundarios. Así pues, las reacciones de obtención de los tres compuestos que indica el enunciado son las siguientes:

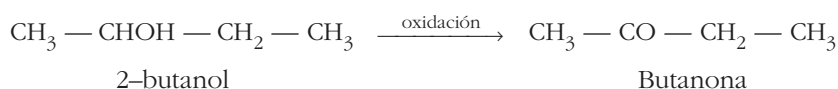
- Propanal: CH₃ — CH₂ — CHO



- Metilpropanal: $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CHO}$
 $\quad \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad \text{CH}_3$



- Butanona: $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

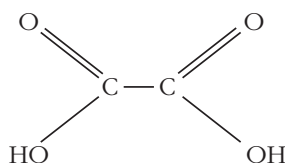


16.4. ÁCIDOS CARBOXÍLICOS Y ÉSTERES

1. Formula los siguientes compuestos:

- **Ácido etanodioico**
- **Ácido 2-pentenodioico**
- **4-penten-1,2,3-triol**
- **Ácido 4-hexenoico**
- **1,5-hexadien-2-ol**
- **Propanoato de metilo**

- Ácido etanodioico:



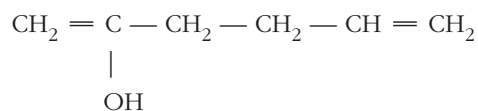
- Ácido 4-hexenoico:



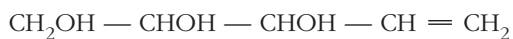
- Ácido 2-pentenodioico:



- 1,5-hexadien-2-ol:



- 4-penten-1,2,3-triol:



- Propanoato de metilo:



2. Nombra los siguientes compuestos:

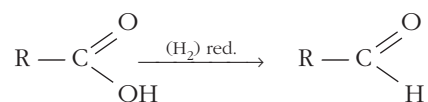
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- $\text{COOH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
- $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$
- $\begin{array}{c} \text{COOH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{COOH}$
- $\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_3$
- $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COO} - \text{CH}_3$

El nombre de los compuestos, por el orden en que aparecen en el enunciado, es el siguiente:

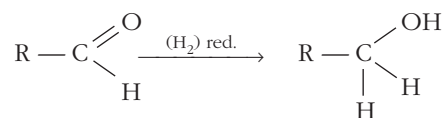
- Ácido metilpropanoico.
- Ácido propanodioico.
- Ácido propenoico.
- Ácido etilbutanodioico.
- Ácido propinoico.
- Etanoato de metilo o acetato de metilo.
- Propenoato de metilo.

3. ¿Qué compuestos se pueden obtener por reducción de los ácidos?

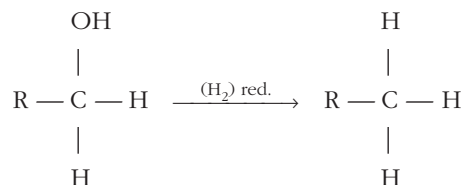
La reducción controlada de un ácido da lugar a un aldehído:



Si la reducción continúa, a partir del aldehído se obtiene un alcohol primario:



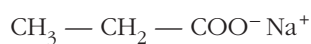
Y, finalmente, por reducción del alcohol, se obtiene el alcano correspondiente:



16.5. GRUPOS FUNCIONALES CON NITRÓGENO

1. Formula los siguientes compuestos: propanoato de sodio; acetato de metilo; trietilamina; 4-metilpentanonitrilo; hexanamida; dimetilpropilamina.

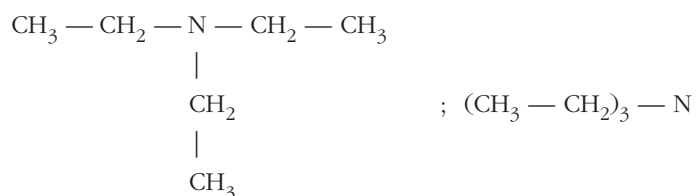
- Propanoato de sodio:



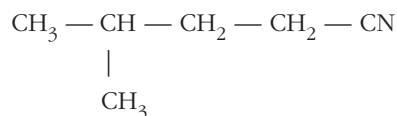
- Acetato de metilo:



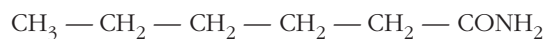
- Trietilamina:



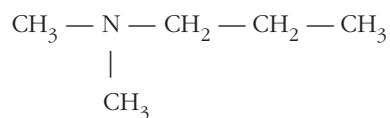
- 4-metilpentanonitrilo:



- Hexanamida:



- Dimetilpropilamina:



2. Nombra los siguientes compuestos:

- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COO}-\text{CH}_3$
- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2$
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}_2$
- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}_2$
- $\text{CN}-\text{CH}_2-\text{CN}$

El nombre de los compuestos, por el orden en que aparecen en el enunciado, es:

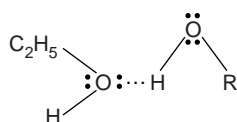
- Propenoato de metilo.
- Vinilamina (etenilamina).
- Ácido 2-metil-3-pentenoico.
- Propanamida.
- 3-butenamida.
- Propanodinitrilo.

ACTIVIDADES DE LA UNIDAD

CUESTIONES

1. ¿Por qué el etanol es soluble en agua, en cualquier proporción, mientras que el etano no lo es?

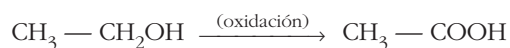
El etanol es soluble en agua porque puede interactuar con ella mediante enlaces de hidrógeno, como se indica a continuación:



Por el contrario, las moléculas de etano son apolares, y no hay posibilidad de interacción entre ellas y las moléculas polares del agua.

2. ¿En qué consiste químicamente el avinagrado del vino?

El avinagrado de vino, químicamente, es la oxidación del etanol del vino por la acción de las bacterias micoderma aceti. Esta oxidación origina ácido acético (etanoico):



3. El metanol y el etanol son completamente solubles en agua; por el contrario, el 1-butanol es parcialmente soluble y el 1-hexanol es muy poco soluble. Trata de explicar esta diferencia de solubilidades.

La solubilidad de los alcoholes se explica teniendo en cuenta que pueden establecerse enlaces de hidrógeno entre las moléculas de alcohol y las moléculas de agua.

Los primeros alcoholes de la serie: metanol, etanol y propanol, presentan una solubilidad ilimitada, pero a medida que aumenta la longitud de la cadena hidrocarbonada, de naturaleza apolar, aumentan las interacciones apolares entre las moléculas de alcohol.

Estas interacciones llegan a vencer a las atracciones polares entre el agua y el alcohol, lo que explica que en estos alcoholes disminuya la solubilidad en agua. Por eso, el 1-butanol es parcialmente soluble en agua, y, sin embargo, el 1-hexanol es muy poco soluble.

4. Indica qué compuesto se obtendrá en cada caso si se reduce con hidrógeno:

a) Metanal

c) 2-propanol

b) Propanona

d) Ácido fórmico

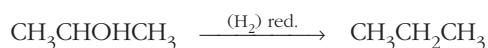
a) La reducción es la reacción contraria a la oxidación. Así, la reducción controlada de metanal origina metanol, y, si la reducción continúa, se obtiene finalmente metano:



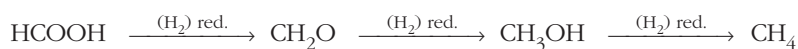
b) La reducción controlada de la propanona origina 2-propanol y, si la reducción continúa, se obtiene propano:



c) La reducción del 2-propanol origina, como se ha indicado anteriormente, propano:

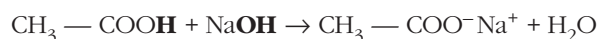


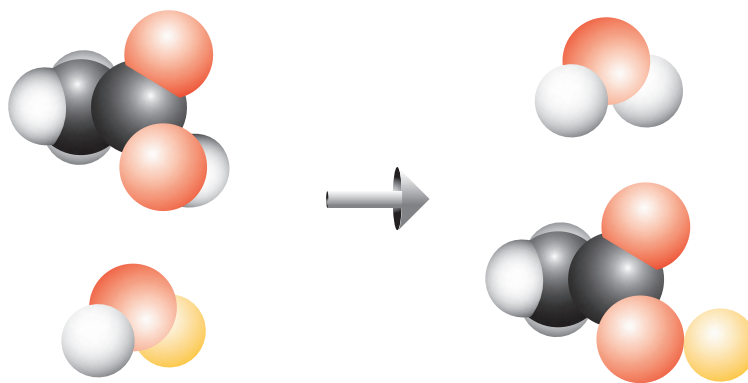
d) La reducción del ácido fórmico (metanoico) da lugar a metanal. Si la reacción de reducción prosigue, se obtiene metanol y, finalmente, metano, como se ha visto en el apartado a):



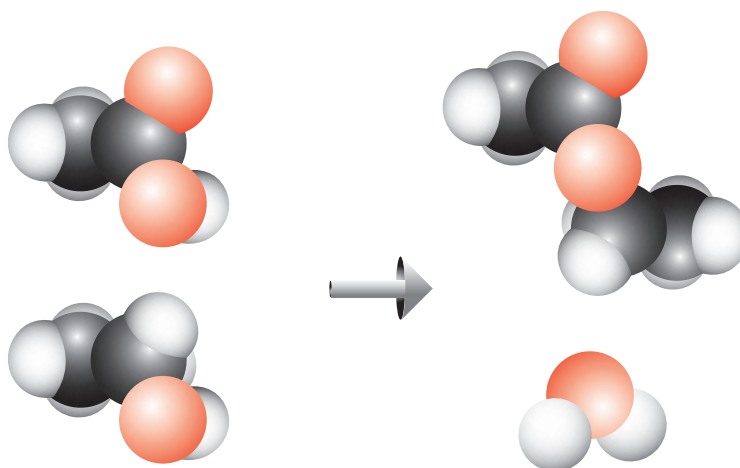
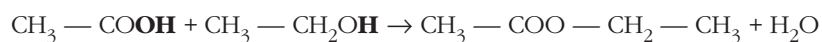
5. ¿Qué diferencias hay entre una reacción de esterificación y una de neutralización?

La reacción de neutralización es una reacción ácido-base, en la que se produce la cesión del protón del -OH del ácido a la base. Por ejemplo, en la reacción del ácido acético con el hidróxido de sodio:





La reacción de esterificación es una reacción entre un ácido carboxílico y un alcohol. Es una reacción de condensación, en la que se forma una molécula de agua, al igual que en la reacción de neutralización. Sin embargo, en esta reacción, el grupo -OH procede del ácido, y el protón (H) procede del alcohol. Puede verse en la reacción del ácido acético con el etanol:

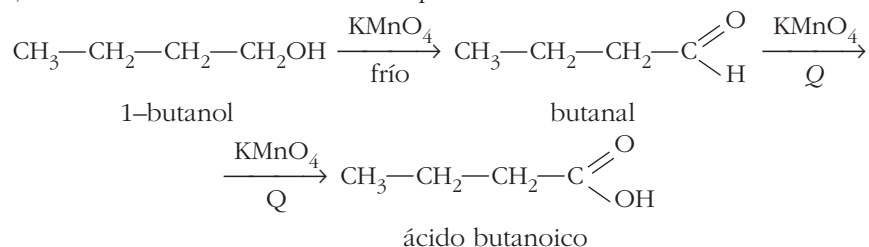


EJERCICIOS

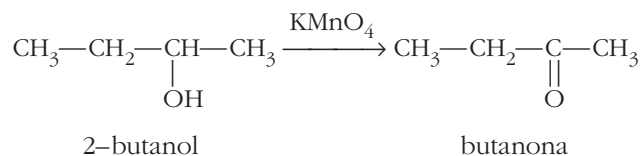
6. Escribe las ecuaciones químicas que corresponden a las reacciones de oxidación de:

- a) 1-butanol b) 2-butanol c) Etanal d) Propanona

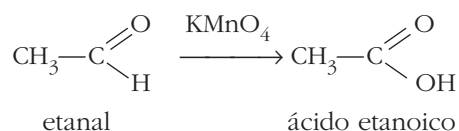
a) El 1-butanol es un alcohol primario. Su oxidación conduce a un aldehído y si continúa, se obtiene finalmente el ácido respectivo:



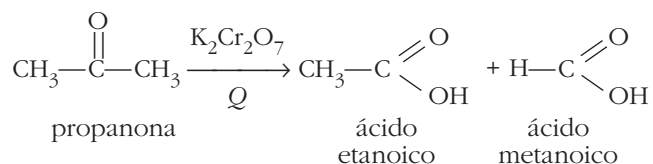
b) La oxidación del 2-butanol (alcohol secundario) origina una cetona:



c) La oxidación de un aldehído origina el correspondiente ácido; en este caso, el etanal se oxida dando lugar al ácido acético o etanoico:



d) La oxidación de una cetona requiere un agente oxidante fuerte y transcurre con ruptura de la cadena hidrocarbonada:

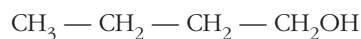


NOTA: La solución de este ejercicio se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

7. Escribe y nombra todos los isómeros de fórmula general $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$. ¿Qué isomería presentan?

Los isómeros de fórmula general $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ son los siguientes:

- 1-butanol:

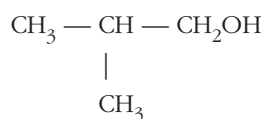


- 2-butanol:

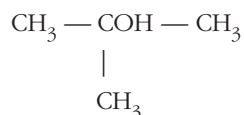


Los compuestos anteriores son isómeros de posición.

- Metil-1-propanol:



- Metil-2-propanol:



Los dos compuestos anteriores son isómeros de cadena de los dos primeros y, entre ellos, son isómeros de posición.

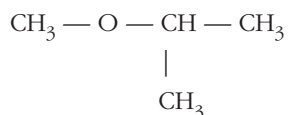
- Dietiléter:



- Metilpropiléter:



- Metilisopropiléter:

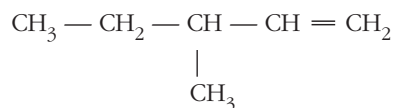


Estos compuestos son isómeros de función de los alcoholes anteriores.

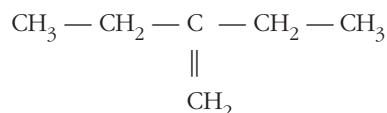
8. Escribe el nombre de los hidrocarburos con doble enlace que, mediante la adición de hidrógeno, dan 3-metilpentano.

El nombre y la fórmula de los hidrocarburos es el siguiente:

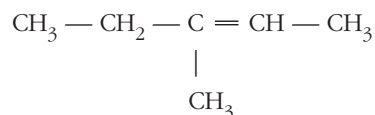
- 3-metil-1-penteno:



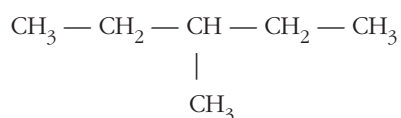
- 2-etil-1-buteno:



- 3-metil-2-penteno:



Estos tres compuestos, mediante la adición de hidrógeno, H_2 , dan 3-metilpentano, cuya fórmula es:



9. Disponemos de tres compuestos A, B y C. Se sabe que uno de ellos es ácido acético, otro es acetaldehído y el tercero, etanol. Se observa que A reacciona con B para dar un éster y, por otra parte, en disolución acuosa B tiene carácter ácido.

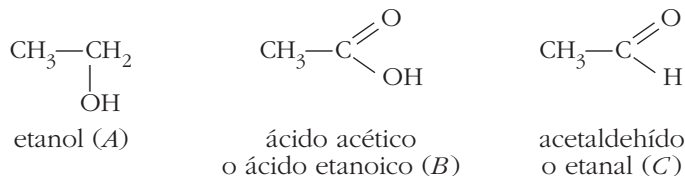
a) Identifica A, B y C.

b) Formula los tres compuestos así como la reacción de formación del éster.

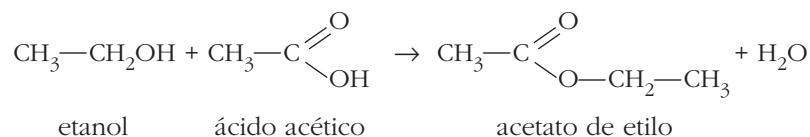
- a) Puesto que el compuesto B en disolución acuosa tiene carácter ácido, este ha de ser el ácido acético.

A es etanol, ya que la reacción de un alcohol (A) con un ácido (B) origina un éster. Y, en consecuencia, C es acetaldehído.

b) Las fórmulas de los tres compuestos son las siguientes:



Y la reacción de formación del éster es la que sigue:



NOTA: La solución de este ejercicio se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

10. Completa las siguientes reacciones:

- $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow$
- $\text{CH}_3\text{—CHO} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow$
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COOH} + \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH} \rightarrow$
- $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow$

Las ecuaciones completas son las siguientes:

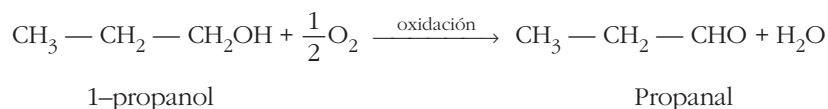
- $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{—CHO} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{CH}_3\text{—COOH} + \text{Cr}^{3+}$

Color naranja
(agente oxidante)
Color verde
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COOH} + \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COO—CH}_2\text{—CH}_3$
- $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br—CH}_2\text{Br}$

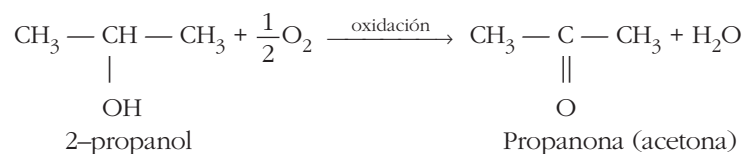
11. ¿Qué alcohol utilizarías para obtener propanal y cuál para obtener propanona? Escribe las reacciones correspondientes y propón un ensayo para diferenciar ambos isómeros.

Los aldehídos se obtienen por oxidación de los alcoholes primarios. Las cetonas por oxidación de los secundarios:

- Para obtener propanal se utiliza el 1-propanol:

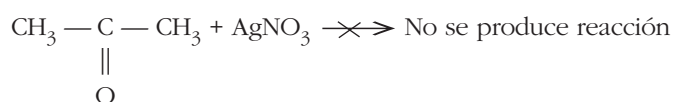
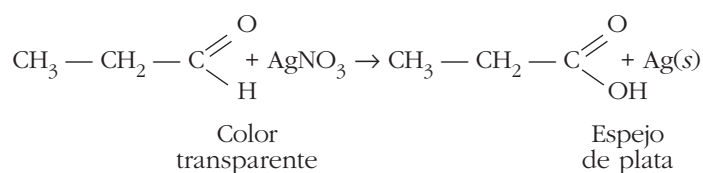


- Y, para obtener propanona, el 2-propanol:



El hecho de que los aldehídos presenten mayor carácter reductor que las cetonas, permite diferenciar ambos compuestos. Con un agente oxidante débil el propanol reacciona, mientras que la propanona no lo hace.

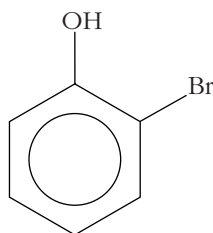
Se puede utilizar, por ejemplo, el reactivo de Tollens, que es una disolución amoniacal de AgNO_3 , para diferenciar ambos compuestos:



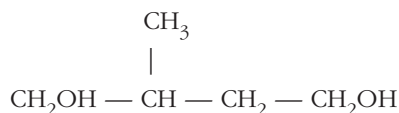
12. Formula los siguientes compuestos:

- O-bromofenol
- 3-etilpentanal
- Ácido 3,3-dimetilpentanodioico
- 3-cloro-3-metil-butanonitrilo
- Ácido 3-oxopentanodioico
- 3-octen-6-inal
- Acetato de vinilo
- 3-metil-5-oxohexanal
- 2-metil-1,4-butanodiol
- 2-hexanona
- Butanamida
- Etilvinilamina
- 3,4-dihidroxi-2-butanona
- Ácido formiletanoico
- Ácido 3-aminopropanoico

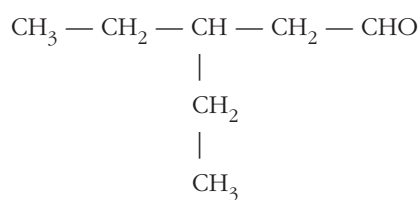
- O-bromofenol:



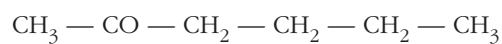
- 2-metil-1,4-butanodiol:



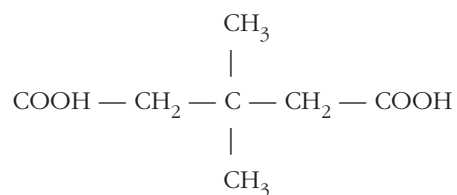
- 3-etilpentanal:



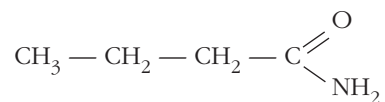
- 2-hexanona:



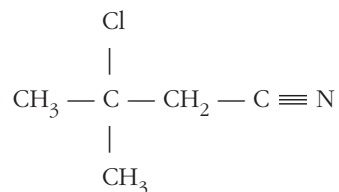
- Ácido 3,3-dimetilpentanodioico:



- Butanamida:



- 3-cloro-3-metil-butanonitrilo:



- Etilvinilamina:



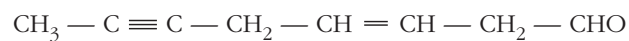
- Ácido 3-oxopentanodioico:



- 3,4-dihidroxi-2-butanona:



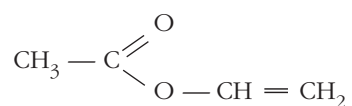
- 3-octen-6-inal:



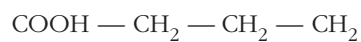
- Ácido formiletanoico:



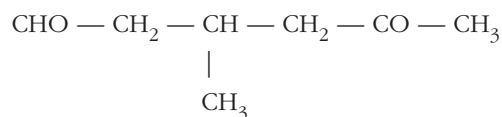
- Acetato de vinilo:



- Ácido 3-aminopropanoico:

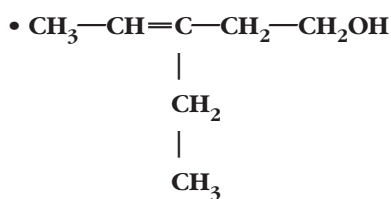


- 3-metil-5-oxohexanal:



13. Nombra los siguientes compuestos:

- $\text{CH}_3 - \text{CHCl} - \text{CH}_3$
- CHCl_3
- $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
 $\quad \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad \text{CH}_3$
- $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO} - \text{CH}_3$
- $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CHO}$
- $\text{CHO} - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$
- $\text{CHO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
- $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CN}$
- $\text{CHO} - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CHO}$
- $\text{CN} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$
- $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
- $\text{NH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{NH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{N} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$

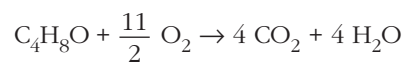


El nombre de los compuestos, por el mismo orden en que aparecen en el enunciado, es el siguiente:

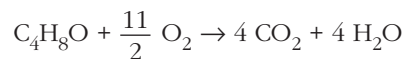
- 2-cloropropano.
- Triclorometano.
- Ácido 3-metil-4-hexenoico.
- Butenona.
- 2-butinal.
- 3-oxobutanal.
- Ácido formilbutanoico.
- Benzonitrilo.
- 3-hidroxipentanodial.
- Butanodinitrilo.
- Ácido 3-oxobutanoico.
- Etenilamina o vinilamina.
- (1,1-dimetil)-etilamina.
- Trimetilamina.
- 3-etil-3-penten-1-ol.

14. Escribe la ecuación de combustión de la butanona, sabiendo que se obtiene dióxido de carbono y agua. ¿En qué se diferencia de la ecuación de combustión del butanal?

La ecuación de combustión de la butanona, $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_2\text{—CH}_3$, es:



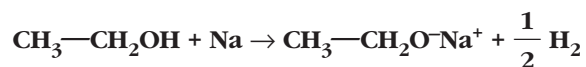
Y la del butanal, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$:



Puesto que la fórmula molecular del butanal y de la butanona es la misma, la ecuación que corresponde a la reacción de combustión del butanal es la misma que la de la butanona.

PROBLEMAS

15. **Calcula el volumen máximo de hidrógeno, medido en condiciones normales, que se obtiene al reaccionar 230 g de etanol con suficiente sodio, según la reacción:**



La ecuación química del proceso, ajustada a un mol de etanol, es la que proporciona el enunciado del problema.

- Dato:

$$\text{— } m_{\text{etanol}} = 230 \text{ g}$$

La cantidad de sustancia de etanol que reacciona, en mol de moléculas, se calcula a partir de la expresión:

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{M_{\text{etanol}}}$$

donde $M_{\text{etanol}} = 46 \text{ g/mol}$. Sustituyendo valores:

$$n_{\text{etanol}} = \frac{230}{46} = 5 \text{ mol de etanol}$$

- Incógnita:

$$\text{— } V_{\text{H}_2}, \text{ medido a } P = 1 \text{ atm y } T = 273 \text{ K (condiciones normales)}$$

Teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción, se establece la relación entre n_{etanol} y n_{H_2} que se obtienen:

$$\frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{H}_2}} \rightarrow \frac{1}{0,5} = \frac{5}{n_{\text{H}_2}} \rightarrow n_{\text{H}_2} = 2,5 \text{ mol de H}_2$$

Y a partir de la ecuación de estado de un gas ideal, se calcula el volumen de hidrógeno a que equivale dicha cantidad de sustancia en condiciones normales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$$

Sustituyendo valores:

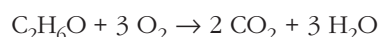
$$V_{\text{H}_2} = \frac{2,5 \cdot 0,082 \cdot 273}{1} = 55,97 \text{ l de H}_2$$

NOTA: La solución de este problema se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

16 **Escribe y ajusta la ecuación de combustión del etanol. Hecho esto, calcula:**

- El volumen de oxígeno, medido a 10 atm y 400 K, que se necesita para obtener un litro de agua, medido en las mismas condiciones de presión y temperatura, en la reacción indicada.**
- La masa de etanol que se ha de quemar para obtener dicha cantidad de agua.**

La ecuación química de combustión del etanol ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH}$), ajustada, es la siguiente:



- a) Con los datos del enunciado, y teniendo en cuenta la ecuación química ajustada, podemos construir la siguiente tabla:

	O₂	H₂O
Ecuación	3 · 22,4 l	3 · 22,4 l
Problema	V _{O₂}	1 l

Por tanto, el volumen de oxígeno necesario, teniendo en cuenta que en las mismas condiciones de presión y temperatura volúmenes iguales de gases contienen el mismo número de partículas, será:

$$V_{\text{O}_2} = 1 \text{ l}$$

- b) Para calcular la masa de etanol necesaria, hacemos lo siguiente:

Calculamos la cantidad de sustancia, en mol de H₂O, a partir de la ecuación de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{10 \cdot 1}{0,082 \cdot 400} = 0,305 \text{ mol de H}_2\text{O}$$

Según la estequiometría de la reacción:

$$\frac{n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1}{3}$$

$$n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{3} \rightarrow n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 0,1016 \text{ mol de C}_2\text{H}_6\text{O}$$

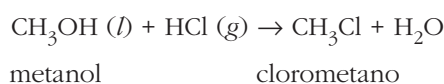
Teniendo en cuenta que $M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 46 \text{ g/mol}$, la masa de etanol resulta:

$$m_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} \cdot M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} \rightarrow m_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 0,1016 \cdot 46 = 4,67 \text{ g de C}_2\text{H}_6\text{O}$$

17. Al hacer burbujear cloruro de hidrógeno en metanol, se forma un halometano.

- Escribe la ecuación química y nombra las sustancias.
- Calcula la cantidad de sustancia, en mol de moléculas, de halometano que se obtienen al reaccionar completamente 24 litros de cloruro de hidrógeno, medidos a 1 atm y 20 °C, y la masa de metanol que se necesita en el proceso.
- Calcula la masa de halometano que se obtendría si el rendimiento fuese del 75%.

- a) La ecuación química ajustada del proceso es:



b) Para resolver este apartado disponemos del dato del volumen de HCl que reacciona:

$$V_{\text{HCl}} = 24 \text{ l, medido a } P = 1 \text{ atm y } T = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

La incógnita es la cantidad de sustancia de clorometano, $n_{\text{clorometano}}$, que se obtiene.

La cantidad de sustancia de HCl que reacciona se calcula por medio de la ecuación de estado de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

Sustituyendo valores:

$$n_{\text{HCl}} = \frac{1 \cdot 24}{0,082 \cdot 293} = 1 \text{ mol de HCl}$$

Teniendo en cuenta, ahora, la estequiometría de la reacción:

$$\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{clorometano}}} = \frac{1}{1} \rightarrow n_{\text{clorometano}} = 1 \text{ mol}$$

La masa de metanol necesaria para que reaccione completamente 1 mol de HCl la obtenemos a partir de la relación estequiométrica entre el HCl y el metanol:

$$\frac{n_{\text{metanol}}}{n_{\text{HCl}}} = \frac{1}{1} \rightarrow n_{\text{metanol}} = 1 \text{ mol de metanol}$$

La masa a la que equivale esta cantidad de sustancia de metanol la calculamos por medio de la expresión que relaciona ambas magnitudes con la masa molar:

$$n = \frac{m}{M}$$

donde $M_{\text{metanol}} = 32 \text{ g/mol}$. Por tanto, despejando y sustituyendo valores:

$$m_{\text{metanol}} = n_{\text{metanol}} \cdot M_{\text{metanol}}$$

$$m_{\text{metanol}} = 1 \cdot 32 = 32 \text{ g de metanol}$$

c) La masa de clorometano obtenida teóricamente se calcula por medio de la expresión que relaciona la cantidad de sustancia (calculada en el apartado anterior) con la masa y la masa molar, teniendo en cuenta que $M_{\text{clorometano}} = 50,5 \text{ g/mol}$:

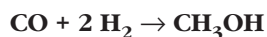
$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \cdot M \rightarrow m_{\text{clorometano}} = 1 \cdot 50,5 = 50,5 \text{ g de clorometano}$$

Sin embargo, como el rendimiento es del 75%, la masa real de clorometano que se obtendrá es:

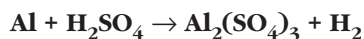
$$\text{Rendimiento} = \frac{m_{\text{real}}}{m_{\text{teórica}}} \cdot 100 \rightarrow m_{\text{real}} = \frac{75 \cdot 50,5}{100} = 37,9 \text{ g de clorometano}$$

NOTA: La solución de este problema se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

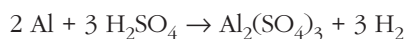
18 En una fábrica se obtiene metanol según la reacción:



Calcula la masa de metanol que se obtiene si se aprovecha el hidrógeno que se obtiene al reaccionar 850 kg de un aluminio del 75% de pureza con ácido sulfúrico según la reacción química no ajustada:



La ecuación química a partir de la cual se obtiene el hidrógeno, ajustada, es:



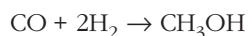
Teniendo en cuenta que $A_{\text{Al}} = 27 \text{ g/mol}$, podemos construir la siguiente tabla:

	Al	H₂
Ecuación	$2 \cdot 27 \text{ g}$	$3 \cdot 2 \text{ g}$
Problema	$850 \cdot 10^3 \cdot 0,75$	m_{H_2}

Y calcular la masa de hidrógeno que se obtiene:

$$m_{\text{H}_2} = \frac{850 \cdot 10^3 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 2}{2 \cdot 27} = 70833 \text{ g} = 70,83 \text{ kg}$$

Esa masa de hidrógeno es la que reaccionará con monóxido de carbono para dar etanol, de acuerdo con la ecuación química ajustada:



Los datos que aporta la ecuación química y la incógnita se pueden resumir en la siguiente tabla, en la que hemos tenido en cuenta que $M_{\text{CH}_3\text{OH}} = 32 \text{ g/mol}$:

	2 · H₂	CH₃OH
Ecuación	2 g	32 g
Problema	70833 g	$m_{\text{CH}_3\text{OH}}$

Por tanto, la masa de etanol que se obtiene es:

$$m_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{70833 \cdot 32}{2 \cdot 2} = 566664 \text{ g} = 566,7 \text{ kg de etanol}$$

19 Un compuesto orgánico contiene 64,87% de carbono, 13,51% de hidrógeno, y el resto es oxígeno.

- Determina la fórmula empírica del compuesto.
- Escribe dos fórmulas desarrolladas distintas del compuesto que correspondan a sustancias orgánicas de tipo diferente. Nombra dichas sustancias.
- ¿Qué tipo de isomería presentan las sustancias del apartado anterior?

- a) De acuerdo con la composición centesimal que aporta el enunciado, podemos calcular la cantidad de sustancia, en mol, de cada elemento presente en 100 gramos de compuesto:

$$n_{\text{C}} = \frac{m_{\text{C}}}{A_{\text{C}}} \rightarrow n_{\text{C}} = \frac{64,87}{12} = 5,406 \text{ mol de C}$$

$$n_{\text{H}} = \frac{m_{\text{H}}}{A_{\text{H}}} \rightarrow n_{\text{H}} = \frac{13,51}{1} = 13,51 \text{ mol de H}$$

$$n_{\text{O}} = \frac{m_{\text{O}}}{A_{\text{O}}} \rightarrow n_{\text{O}} = \frac{100 - 64,87 - 13,51}{16} = \frac{21,62}{16} = 1,351 \text{ mol de O}$$

La relación numérica más sencilla entre esas cantidades es:

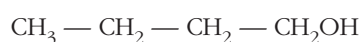
$$\frac{n_{\text{C}}}{n_{\text{O}}} = \frac{5,406}{1,351} = \frac{4}{1} \quad ; \quad \frac{n_{\text{H}}}{n_{\text{O}}} = \frac{13,51}{1,351} = \frac{10}{1}$$

Por tanto, la fórmula empírica es:

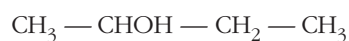


- b) Algunos posibles isómeros son los siguientes:

- 1-butanol:



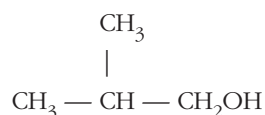
- 2-butanol:



- Dietiléter:



- Metil-1-propanol:



- c) Los dos primeros compuestos del apartado anterior son isómeros de posición; el dietiléter y el 1-butanol son isómeros de función y el metil-1-propanol es isómero de cadena de los dos primeros.

20. La composición centesimal de una sustancia orgánica es 39,998% de carbono, 6,718% de hidrógeno y 53,284% de oxígeno. Determina su fórmula empírica. ¿Qué dato necesitarías para determinar su fórmula molecular?

A partir de los datos de la composición centesimal se calcula la cantidad de sustancia, en mol de átomos de cada elemento a que equivale, teniendo en cuenta la relación:

$$n = \frac{m}{M}$$

Para cada elemento obtenemos:

$$\text{C: } n_{\text{C}} = \frac{39,998}{12} = 3,33 \text{ mol de C}$$

$$\text{H: } n_{\text{H}} = \frac{6,718}{1} = 6,718 \text{ mol de H}$$

$$\text{O: } n_{\text{O}} = \frac{53,284}{16} = 3,33 \text{ mol de O}$$

La relación entera más sencilla entre los números anteriores es:

$$\text{C: } \frac{3,33}{3,33} = 1$$

$$\text{H: } \frac{6,718}{3,33} = 2$$

$$\text{O: } \frac{3,33}{3,33} = 1$$

Estos coeficientes indican la proporción en que aparece cada elemento para formar la sustancia. La fórmula empírica es, por tanto:

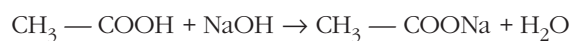


Para determinar la fórmula molecular del compuesto necesitamos conocer su masa molecular.

NOTA: La solución de este problema se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

21 Para neutralizar 10 ml de un vinagre comercial se necesitaron 7,5 ml de una disolución de hidróxido sódico 0,5 M. Calcula la masa de ácido acético que hay en un litro de dicho vinagre.

La ecuación química ajustada que corresponde al proceso de neutralización es la siguiente:



Según la estequiometría de la reacción:

$$n_{\text{ácido}} = n_{\text{NaOH}}$$

La cantidad de sustancia de hidróxido de sodio la obtenemos a partir de los datos de la disolución utilizada:

$$n_{\text{NaOH}} = C_m \cdot V_{\text{disolución}} \rightarrow n_{\text{NaOH}} = 0,5 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol de NaOH}$$

Por tanto:

$$n_{\text{CH}_3 - \text{COOH}} = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol de CH}_3 - \text{COOH en 10 ml de vinagre}$$

En 1 l de vinagre habrá:

$$n_{\text{CH}_3-\text{COOH}} = \frac{3,75 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3}{10} = 0,375 \text{ mol de CH}_3-\text{COOH en 1 l de vinagre}$$

Finalmente, a partir de la relación entre cantidad de sustancia y masa molar, obtenemos la masa de ácido acético que hay en un litro de vinagre ($M_{\text{CH}_3-\text{COOH}} = 60 \text{ g/mol}$):

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \cdot M \rightarrow m_{\text{CH}_3-\text{COOH}} = 0,375 \cdot 60 = 225 \text{ g de ácido acético}$$

Para calcularlo, hemos tenido en cuenta que en un litro de disolución 0,375 M de ácido acético hay 0,375 mol de ácido acético.