12. Reactividad de los compuestos de carbono

ACTIVIDADES (pág. 315)

- a) 2,5-hexanodiona
- b) Dietilamina
- c) Acetato de propilo
- d) Etanonitrilo
- e) N-etilmetanamida
- f) Benceno
- g) Ciclobuteno
- h) 2, 4, 6-triclorofenol
- i) Ácido 2-clorobenzoico
- $CH_3 CH = CH CH_2 CH_2 CH_3$

$$CH_3 - CH_2 C$$

$$O$$

$$CH_3 - CH_2 C$$

$$O$$

$$O$$

$$CH_3 - C$$
O $- CH_3$

$$\begin{array}{c} CH_2-CH_2-CH_3\\ CH_3-CH_2-CH_2-N \\ \hline \\ CH_2-CH_2-CH_3 \end{array}$$

$$CH_3 - C$$
 NH

$$\begin{array}{c} O \\ CH_3-CH_2-CH-C \\ CH_3 \end{array}$$

1. LOS COMPUESTOS DEL CARBONO (pág. 319)

1. El butano es una molécula apolar. Entre ellas sólo existen fuerzas de dispersión. Sin embargo, entre las moléculas de agua se forman enlaces de hidrógeno.

Disolver el butano en agua significaría la ruptura de los enlaces de hidrógeno del agua, que es un proceso energéticamente desfavorable. Por ello, el butano no es soluble en agua.

- (2. a) OH
- Alcohol
- $b) NH_9$
- Amina
- c) Cl
- Halogenuro de alquilo

- $d) \ C = C \langle$ Algueno
- Aldehído
- 3. La pentanona presenta estos dos isómeros:
 - CH_3 —C— CH_2 — CH_2 — CH_3 2-pentanona
- 4. CH₉=CH-CH₉-CH₉-CH₉ 1-penteno
 - CH₂—CH—CH—CH₂—CH₃ 2-penteno
 - CH₀=CH-CH-CH₃
- 3-metil-1-buteno
- CH₀=C-CH₀-CH₀
- 2-metil-1-buteno
- CH₃—C=CH—CH₃
- 2-metil-2-buteno
- ciclopentano
- 5. CH₉OH—CHOH—CH₃
- 1,2-propanodiol

El segundo carbono es asimétrico ya que tiene cuatro sustituyentes diferentes: CH₃, H, OH y CH₂OH.

• CH₃—CHCl—COOH ácido 2-cloropropanoico

El segundo carbono es asimétrico ya que tiene cuatro sustituyentes diferentes: COOH, H, Cl y CH₃.

- 6. Datos: 26,70 % C 2,20 % H
- 71,10 % O

 $M_r = 90,00 \text{ u}$

Calculamos el número de moles de cada elemento contenidos en 100,0 g de compuesto a partir de los porcentajes en masa:

$${\rm n_{C}} = 26,70~{\rm g~C} \cdot \frac{1~{\rm mol~C}}{12,01~{\rm g~C}} = 2,22~{\rm mol~C}$$

$$n_{H} = 2,20 \text{ g H} \cdot \frac{1 \text{ mol H}}{1,008 \text{ g H}} = 2,18 \text{ mol H}$$

$$n_{O} = 71,10 \text{ g O} \cdot \frac{1 \text{ mol O}}{16,00 \text{ g O}} = 4,40 \text{ mol O}$$

Teniendo en cuenta que la relación en moles de átomos es la misma que la relación en átomos, dividimos por el valor más pequeño para obtener números enteros:

C:
$$\frac{2,22}{2.18}$$
 = 1,02 \approx 1 átomo C

H:
$$\frac{218}{218} = 1$$
 átomo H

O:
$$\frac{4,40}{2.18} = 2.02 \approx 2 \text{ átomos O}$$

La fórmula empírica es CHO₂ y su masa fórmula es:

$$M_r$$
 (CHO₂) = 12,01 u + 1,008 u + 2 ·16,0 u = 45,018 u

Calculamos la relación entre la masa molecular y la masa de la fórmula empírica:

$$\frac{M_{\rm r}}{M_{\rm r}~({\rm CHO_2})} = \frac{90,004~{\rm u}}{45,018~{\rm u}} \approx 2$$

lo que significa que la fórmula molecular es el doble de la fórmula empírica. Por tanto, la fórmula molecular es $C_2H_2O_4$.

7. Datos: 82,7 %
$$d = 2,36 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

 $t = 25 \,^{\circ}\text{C}$ $P = 755 \text{ mm Hg}$

Calculamos la fórmula empírica siguiendo el mismo procedimiento empleado en el ejercicio anterior y suponiendo 100 g de compuesto:

$$m (H) = 100 - m (C) = 100 g - 82.7 g = 17.3 g H$$

$$n_C = 82.7 \text{ g C} \cdot \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} = 6,89 \text{ mol C}$$

$$n_{\rm H} = 17.3 \text{ g H} \cdot \frac{1 \text{ mol H}}{1,008 \text{ g H}} = 17.16 \text{ mol H}$$

C:
$$\frac{6,89}{6.89} = 1 \text{ átomo C}$$

H:
$$\frac{17,16}{6,89} = 2,49 \approx 2,5 \text{ átomos H}$$

Si multiplicamos por 2 los valores anteriores, obtenemos una relación de números enteros sencillos:

C:
$$1 \cdot 2 = 2$$

H:
$$2.5 \cdot 2 = 5$$

La fórmula empírica es C₂H₅ y su masa fórmula es:

$$M(C_2H_5) = 2 \cdot 12,01 \text{ g} + 5 \cdot 1,008 \text{ g} = 29,06 \text{ g}$$

Calculamos la masa molecular utilizando la ecuación de estado de los gases ideales:

$$T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$P = 755 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} = 0.99 \text{ atm}$$

$$PV = nRT = \frac{m}{M}RT \implies M = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{P} = d \cdot \frac{RT}{P}$$

$$M = 2,36 \frac{g}{L} \cdot \frac{0,082 \frac{\text{atm} \cdot L}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{0,99 \text{ atm}} = 58,25 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Calculamos la relación entre la masa molecular y la masa de la fórmula empírica:

$$\frac{M}{M(C_9H_5)} = \frac{58,25 \text{ g}}{29,06 \text{ g}} = 2$$

lo que significa que la fórmula molecular es el doble de la fórmula empírica. Por tanto, la fórmula molecular es C_4H_{10} .

2. DESPLAZAMIENTOS ELECTRÓNICOS EN LAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS (pág. 321)

8. a)
$$H - C - C \xrightarrow{\delta^{+}} Br \xrightarrow{\delta^{-}} H \xrightarrow{H} H$$

$$b) \quad \overbrace{\hspace{1cm}}^{\delta+} \operatorname{NO}_2$$

9. a)
$$CH_3 - C \equiv N \mid \leftrightarrow CH_3 - C = N \rangle$$

$$\begin{array}{ccc} & & & \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 & & & & \stackrel{\delta^-}{\searrow} \\ \text{D} & & & & \text{C} = \stackrel{\bullet}{\text{O}} \\ \text{CH}_3 & & & \text{CH}_3 \\ \end{array}$$

c)
$$CH_3 - C$$
 H
 $CH_3 - C$
 H
 $CH_3 - C$
 H

$$\begin{array}{c} d) \ \mathrm{CH_2} = \mathrm{CH} - \mathrm{CH} = \overset{\smallfrown}{\mathrm{C}} \mathrm{H_2} \\ \longleftrightarrow \overset{\delta^+}{\mathrm{CH_2}} - \mathrm{CH} = \overset{\smallfrown}{\mathrm{CH}} - \overset{\delta^-}{\mathrm{CH_2}} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \overset{\delta^+}{\longleftrightarrow} \overset{-\delta^-}{\to} \overset{\delta^-}{\to} \\ \overset{\delta^+}{\to} \overset{-\delta^-}{\to} & \overset{\delta^-}{\to} \\ \end{array}$$

10. •
$$CH_3 - CH_2 - Cl$$

En la molécula de cloroetano, el cloro, al ser más electronegativo, atrae más que el carbono el par de electrones del enlace y, por esta razón, el átomo de cloro quedará con cierta carga negativa, mientras que el carbono quedará con cierta carga positiva.

Por esto decimos que el cloro tiene efecto inductivo negativo.

•
$$\overrightarrow{CH_2} = \overrightarrow{CH} - \overrightarrow{CI} \mid \leftrightarrow |\overrightarrow{CH_2} - \overrightarrow{CH} = \overrightarrow{CI}|^{\delta+}$$

En la molécula de cloroeteno, un par de electrones no enlazante puede pasar a formar un enlace con el carbono 1, quedándose el carbono 2 con un par de electrones del enlace.

3. CLASES DE REACCIONES ORGÁNICAS

(págs. 324 y 331)

11. Ruptura homolítica:

Radical Radical

Ruptura heterolítica:

Carbanión Ion carbonio

12. Radicales:

Carbaniones:

Iones carbonio:

13. Electrófilas:

Nucleófilas:

$$H_9O$$
, $:C = N:^-$, $:OH^-$

14. *a*)
$$CH_3$$
 CH_3 CH_3

$$\begin{array}{cccc} CH_3 & CH_3 \\ & & & CH_3 - CH_3 -$$

Se romperá el enlace O—C por ser el más polarizado.

La ruptura más probable es la primera porque da lugar a un ion carbonio más sustituido, secundario. Mientras que, en el segundo caso, se obtiene un ion carbonio primario, menos estable.

b)
$$CH_3$$
 CH_3 CH_4 CH_4 CH_5 CH_5

La ruptura más probable es la primera porque da lugar a un ion carbonio terciario y a un carbanión menos sustituido.

15. a) Si consideramos el efecto inductivo del Br:

$$CH_2 = \overset{\delta^+}{CH} - Br: \overset{\delta^-}{}$$

Podemos esperar un ataque nucleófilo en el carbono con cierta carga positiva.

Pero si tenemos en cuenta el efecto mesómero:

$$CH_2 = CH - Br: \leftrightarrow :CH_2 - CH = Br$$

Se podría esperar un ataque electrófilo en el carbono, que queda cargado negativamente.

b) Por efecto inductivo: $CH_2 = CH - \overset{\delta_+}{C} \equiv \overset{\delta_-}{N}$:

El átomo de carbono unido al nitrógeno soporta una carga positiva parcial y puede ser atacado por reactivos nucleófilos.

Por efecto mesómero:

$$\mathbf{CH}_2 = \mathbf{CH} - \overset{+}{\overset{-}{\mathbf{C}}} = \overset{\cdots}{\overset{-}{\mathbf{N}}} \quad \Longleftrightarrow \quad \overset{+}{\overset{-}{\overset{-}{\mathbf{C}}}} \mathbf{H}_2 - \mathbf{CH} = \mathbf{C} = \overset{\cdots}{\overset{-}{\overset{-}{\mathbf{N}}}}$$

Tenemos que el carbono 1 y el 2 pueden ser atacados por un reactivo nucleófilo.

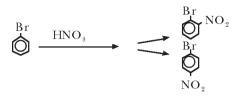
- 16. *a) Eliminación*, porque se ha eliminado un grupo de átomos (-OH) y se ha formado un enlace π .
 - b) Condensación, porque de dos moléculas se ha formado una y se elimina una molécula pequeña (H_2O) .
 - c) Sustitución, porque se ha sustituido un átomo de la cadena carbonada por otro.
 - d) Adición, porque el doble enlace ha pasado a ser simple por unión de otros átomos.
 - e) Eliminación, porque se ha eliminado un grupo de átomos y se ha formado un enlace π .
- 17. A partir del efecto orientador de los halógenos, podemos deducir que el derivado trihalogenado más probable es:



Para nombrarlo, ponemos como ejemplo el caso en que X = Cl.

1, 2, 4-triclorobenceno

18.



Debido al efecto orientador del -Br se obtendrán principalmente los isómeros orto y para.

19.
$$a$$
) Cl X_2 Cl X + Cl

Se forman los isómeros orto y para debido al efecto orientador del -Cl.

Se forma el isómero meta debido al efecto orientador del grupo –COOH.

Se forman los isómeros orto y para debido al efecto orientador del $-CH_{\circ}-CH_{\circ}$.

20. Para distinguir un alcano de un alqueno podemos utilizar la reacción de adición de Br_o.

Si al añadir al hidrocarburo una solución de bromo en diclorometano ésta se decolora, es señal de que se trata del alqueno.

21. a)
$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH = CH_2 + HCl \rightarrow 1 - penteno$$
 Cloruro de hidrógeno

$$\rightarrow$$
 CH₃ – CH₂ – CH₂ – CH – CH₂

Primero se produce un ataque electrofílico, por parte del hidrógeno, sobre el carbono menos sustituido del doble enlace. Posteriormente, sobre el ion carbonio se une el nucleófilo Cl⁻.

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH = \overset{\delta_+}{C} \overset{\delta_-}{H} \overset{\delta_-}{C} \overset{\delta_+}{H} \overset{\delta_-}{C} \overset{\delta_+}{H} \overset{\delta_-}{C} \overset{\delta_-}{\to} \overset{\delta_-}{\to$$

$$\rightarrow \operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{CH} - \operatorname{CH}_3 \underset{\operatorname{Cl}^-}{\rightarrow}$$

$$\rightarrow \operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{CH} - \operatorname{CH}_3$$

b)
$$\operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{C} \equiv \operatorname{CH} + \operatorname{Cl}_2 \rightarrow \operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{C} = \operatorname{CH}$$

$$\operatorname{Cl} \quad \operatorname{Cl}$$
l-butino cloro 1, 2-dicloro-1-buteno

Primero se produce el ataque electrofílico con posterior captura del nucleófilo:

$$\begin{split} \mathrm{CH_3} - \mathrm{CH_2} - \overset{\delta_{+}}{\mathrm{C}} &\overset{\delta_{-}}{\equiv} \overset{\delta_{-}}{\mathrm{CH}} + \overset{\delta_{+}}{\mathrm{Cl}} \overset{\delta_{-}}{\mathrm{Cl}} & \rightarrow \\ \rightarrow \mathrm{CH_3} - \mathrm{CH_2} - \overset{+}{\mathrm{C}} & \overset{+}{\mathrm{CH}} & \xrightarrow{\mathrm{Cl}} & \mathrm{CH_3} - \mathrm{CH_2} - \overset{-}{\mathrm{C}} & \overset{-}{\mathrm{CH}} \\ & & \mathrm{Cl} & \overset{-}{\mathrm{Cl}} & \overset{-}{\mathrm{Cl}} & \mathrm{Cl} & \mathrm{Cl} \end{split}$$

c)
$$\operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{C} \equiv \operatorname{CH} + \operatorname{HBr} \rightarrow$$

$$\operatorname{1-pentino} \qquad \operatorname{Bromuro}$$

$$\operatorname{de\ hidr\'ogeno}$$

$$\operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{C} = \operatorname{CH}$$

2-bromo-l-penteno

Primero se produce un ataque electrófilo con posterior captura de nucleófilo:

$$\begin{aligned} \operatorname{CH_3} - \operatorname{CH_2} - \operatorname{CH_2} - \overset{\delta_{+}}{\operatorname{C}} &= \overset{\delta_{-}}{\operatorname{CH}} + \overset{\delta_{+}}{\operatorname{HBr}} \to \\ \to \operatorname{CH_3} - \operatorname{CH_2} - \operatorname{CH_2} - \overset{+}{\operatorname{C}} &= \operatorname{CH} \xrightarrow{\operatorname{Br}^{-}} \\ & \overset{\downarrow}{\operatorname{H}} & \overset$$

4. POLÍMEROS SINTÉTICOS (pág. 335)

- 22. Bolsas de plástico, botellas de plástico para agua, prendas de nailon, juguetes, vidrios de gafas (vidrio orgánico), neumáticos, raquetas de tenis, impermeables, vasos, platos y cucharillas de plástico.
- 23. *Datos*: 5 000 unidades monómero PVC

Calculamos la masa molecular del monómero:

$$\begin{aligned} &M_{_{\rm r}}\left(C_2H_3Cl\right)=2\cdot12,\!01\;{\rm u}+3\cdot1,\!008\;{\rm u}+1\cdot35,\!45\;{\rm u}\\ \\ &M_{_{\rm r}}\left(C_2H_3Cl\right)=62,\!494\;{\rm u} \end{aligned}$$

Calculamos la masa molecular del polímero:

 M_r (polímero) = 5 000 · 62,494 u = 312 470 u

La masa molecular del PVC es 312 470 u.

Se trata de un **polímero de adición**, porque la fórmula empírica es la misma que la del monómero de partida.

Es **homopolímero** porque está formado por un solo tipo de monómero.

24. *Datos*: M_r (teflón) = 13 000 u

Calculamos la masa molecular del monómero:

Tetrafluoreteno: $CF_9 = CF_9$

$$M_r$$
 (CF₂ = CF₂) = 2 · 12,01 u + 4 · 19,00 u

$$M_r$$
 (CF₉ = CF₉) = 100,02 u

Calculamos las unidades de monómero:

$$\frac{M_r \text{ (teflón)}}{M_r \text{ (CF}_9 = \text{CF}_9)} = \frac{13\,000 \text{ u}}{100,02 \text{ u}} = 130 \text{ unidades}$$

Contiene 130 unidades.

25. Polímero de condensación: es aquel que se forma mediante la combinación de las unidades de monómero y la eliminación de moléculas sencillas entre cada dos unidades.

Homopolímero: es aquel que está formado por un solo tipo de monómero.

Polimerización por reacción en cadena: tipo de polimerización que tiene lugar con intervención de catalizadores que originan radicales libres, de manera que varias moléculas del monómero pueden polimerizar.

Elastómero: es un polímero que se caracteriza por su elasticidad y resistencia a los agentes químicos y al calor.

Plástico termoestable: tipo de polímero que, por sus propiedades, se clasifica como plástico, pero que presenta además la propiedad de no ablandarse ni moldearse mediante recalentamiento.

Vulcanización: proceso mediante el cual se consiguen entrecruzamientos de cadenas individuales de polímero, por el hecho de que éstas contienen dobles enlaces en su estructura polimerizada.

26.
$$a)$$
 HOCH₂—CH₂—OH + HO - C - C - OH + HOCH₂—CH₂—OH + ...

$$\longrightarrow \{ \circ - \mathsf{CH}_2 - \mathsf{CH}_2 - \circ - \overset{\circ}{\mathsf{C}} \bullet \overset{\circ}{\bullet} - \overset{\circ}{\circ} \}_n + 2 \, \mathsf{H}_2 \circ$$

1, 2-etanodiol + ácido p-bencenodicarboxílico

Es un poliéster.

p-bencenodiamina + ácido propanodioico

Es una poliamida.

27. 2-metilpropenoato de metilo:

$$\begin{array}{c}
O \\
CH_{2} = C - C^{4} \\
CH_{3} & O - CH_{3}
\end{array}$$

C₁: Hibridación sp²

C₂: Hibridación sp²

C₃: Hibridación sp³

C₄: Hibridación sp²

C₅: Hibridación sp³

Polimetacrilato de metilo

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS Y PROBLEMAS (pág. 338)

28.
$$Datos$$
: m (alcohol) = 17,3 g primario m (alqueno) = 15,9 g

Reacción:
$$C_nH_{2n+2}O \rightarrow C_nH_{2n+2} + H_2O$$

A partir de la reacción:

$$m (H_9O) = m (alcohol) - m (alqueno)$$

$$m (H_9O) = 17.3 g - 15.9 g = 1.15 g$$

Calculamos las masas molares:

$$M_r(C_nH_{2n+2}O) = n \cdot 12,01 u + (2n+2) \cdot 1,008 u + 1 \cdot 16,00 u$$

$$M_r(C_nH_{2n+2}O) = 14,026 \text{ n u} + 18,016 \text{ u}$$

$$M_r(H_9O) = 2 \cdot 1,008 u + 1 \cdot 16,00 u = 18,016 u$$

La relación estequiométrica es 1 mol de alcohol por cada mol de agua.

Por lo tanto:

$$\frac{14,026 \text{ n} + 18,016}{18,016} = \frac{17,30}{1,15}$$

$$14.01 \text{ n} = 252,78 \implies \text{n} = 18,0$$

Si suponemos que se trata de un alcohol de cadena lineal, su fórmula será:

$$CH_3 - (CH_9)_{15} - CH_9 - CH_9OH$$

29. Datos: 85,7 % C 14,28 % H

Reacción:

Hidrocarburo
$$\xrightarrow{\text{KMnO}_4}$$
 CO₂ + ácido (4 carbonos)

A partir del contenido en C e H, calculamos la fórmula empírica del hidrocarburo:

$$85.7 \text{ g C} \cdot \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} = 7.14 \text{ mol C}$$

$$14,28 \text{ g H} \cdot \frac{1 \text{ mol H}}{1,008 \text{ g H}} = 14,17 \text{ mol H}$$

Como la relación en moles es la misma que en átomos, dividimos por el número más pequeño y obtenemos:

$$\begin{bmatrix} 1 \text{ átomo de C} \\ 2 \text{ átomos de H} \end{bmatrix} \Rightarrow \text{Fórmula empírica: CH}_2$$

Según la reacción, el hidrocarburo inicial deberá tener 5 C, de manera que:

Fórmula molecular: C₅H₁₀

Esta fórmula corresponde al tipo general C_nH_{2n} , es por tanto un alqueno con una sola insaturación.

Suponiendo que el ácido obtenido sea de cadena lineal, el alqueno será de cadena lineal y terminal, para que se produzca la formación del CO₂.

$$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

30. Datos: m (hidrocarburo) = 50 g $M_{r} \text{ (hidrocarburo)} = 82 \text{ g·mol}^{-1}$

$$m (I_9) = 309,75 g$$

Calculamos los moles de hidrocarburo:

m (hidrocarburo) = $50 \text{ g hidrocarburo} \cdot$

$$\frac{1 \text{ mol hidrocarburo}}{82 \text{ g hidrocarburo}} = 0.61 \text{ mol hidrocarburo}$$

Calculamos los moles de I₉:

$$n\,(I_2\,) = 309,75\,g \cdot \frac{1\,\,\text{mol}\,I_2}{253,8\,g\,\,I_2} = 1,22\,\,\text{mol}\,\,\,I_2$$

La relación moles $\rm I_2/moles$ de hidrocarburo nos dará el número de dobles enlaces que hay en una molécula del hidrocarburo, puesto que por cada doble enlace se adiciona 1 mol de $\rm I_9$.

$$\frac{\text{moles I}_2}{\text{moles hidrocarburo}} = \frac{1,22}{0,61} = 2$$

Hay dos dobles enlaces.

31. *Datos*: m (amida) = 10.0 g

Rendimiento 75 %

Reacción:

$$\begin{array}{ccc} O & O \\ CH_3 - \overset{\textstyle /}{C} + NH_3 & \rightarrow CH_3 - \overset{\textstyle /}{C} + HO - CH_2 - CH_3 \\ O - CH_5CH_2 & NH_2 \end{array}$$

Calculamos las masas moleculares:

$$M_{r}(C_4H_8O_9) = 88,04 \text{ u}$$

$$M_{e}(C_{9}H_{6}ON) = 60,03 \text{ u}$$

A partir de la amida que se desea obtener:

$$10.0 \neq C_2H_6ON \cdot \frac{1 \mod C_2H_6ON}{60.03 \neq C_2H_6ON} \cdot \frac{1 \mod C_4H_8O_2}{1 \mod C_4H_6ON} \cdot \frac{1 \mod C_4H_6O_2}{1 \mod C_4H_6ON} \cdot \frac{1 \mod C_4H_6O_2}{1 \mod C_4H_6ON} \cdot \frac{1 \mod C_4H_6O_2}{1 \mod C_4H_6O_2} \cdot \frac{1 \mod C_4H_6O_2} \cdot \frac{1 \mod C_4H_6O_2}{1 \mod C_4H_6O_2} \cdot \frac{1 \mod C_4H_6O_$$

$$\frac{.88,04 \text{ g C}_4 \text{H}_8 \text{O}_2}{1 \text{ mol C}_4 \text{H}_8 \text{O}_2} \cdot \frac{100}{75} = 19,55 \text{ g C}_4 \text{H}_8 \text{O}_2$$

Se necesitan 19,55 g de acetato de etilo.

EJERCICIOS Y PROBLEMAS (pág. 339)

32. CH₃CH₂: radical libre

CH₃CH₉CH₉-: carbanión

(CH₃CH₂)₃ C+: ion carbonio

(CH₃) C-: carbanión

C₆H₅CHCH₉CH₃: radical libre

CH₂CH = CH⁺: carbanión

33. Ruptura homolítica: se forman dos radicales.

Ruptura heterolítica: se formará el ion cloruro y un ion carbonio.

$$\begin{array}{cccc} H & H \\ H - C - C - C - C - H + Cl \\ H & H & H \end{array}$$

34. a) Nucleófilo.

- b) Nucleófilo.
- c) Electrófilo.
- d) Nucleófilo.
- e) Electrófilo.
- f) Nucleófilo.
- g) Electrófilo.
- h) Electrófilo.
- i) Nucleófilo.

Los reactivos con carácter nucleófilo poseen algún átomo con gran densidad de carga electrónica y tienden a actuar sobre átomos del sustrato con carga positiva o con deficiencia electrónica.

Los reactivos con carácter electrófilo poseen algún átomo con baja densidad electrónica, por lo que tienden a actuar sobre átomos del sustrato con carga negativa o gran densidad de carga electrónica.

- 35. *a)* Es una reacción de sustitución sobre el benceno. Se trata de una sustitución electrófila.
 - b) Es una reacción de adición al doble enlace. Se trata de una adición electrófila.
 - c) Es una reacción de eliminación. Se rompe el enlace C-Cl y se forma un carbocatión. Después se pierde un protón H⁺ y se forma el doble enlace C=C.
 - d) Es una adición al triple enlace. Se trata de una adición electrófila.
- Los alquenos se pueden distinguir de los alcanos empleando una reacción de adición de un halógeno.

Al añadir al alqueno una disolución de bromo en diclorometano, la solución se decolora porque disminuye la concentración de Br₂.

Si añadimos la disolución a un alcano, no se decolora porque el alcano no reacciona con el Br₉.

37.
$$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3 + HCl \rightarrow$$

$$Cl$$
 $\rightarrow CH_3 - CH - CH_2 - CH_3$

Se formará 2-clorobutano.

También se podría producir el 1-clorobutano, pero su formación requeriría la creación de un ion carbonio primario, mientras que la formación del 2-clorobutano requiere la formación de ion carbonio secundario, que es más estable.

Después del ataque electrófilo por parte del H⁺, los iones carbonio formados son:

$$CH_3 - CH - CH_9 - CH_3$$
 $CH_9 - CH_9 - CH_9 - CH_9 - CH_9$

Se ha aplicado la regla de Markovnikov.

38. Primero habrá un ataque electrófilo por parte de H⁺, Br⁺ y H⁺, con posterior captura del nucleófilo

39. *a)* Reacción de sustitución al anillo de benceno. Se trata de una sustitución electrófila.

- b) Reacción de adición al triple enlace. Se trata de una adición electrófila.
- 40. Datos: (A) $C_5H_{10}O \xrightarrow{O_X} 3$ -penten-2-ona (B) $\downarrow H_2SO_4$ 1,3-pentadieno (C)

Puesto que el número máximo de hidrógenos es 2n + 2, vemos que el alcohol presenta una insaturación, es decir, presenta un doble enlace.

O

$$a)$$
 (B) $CH_3 - C - CH = CH - CH_3$
(C) $CH_9 = CH - CH = CH - CH_9$

b) Se trata del 3-propen-2-ol

$$OH$$

 $CH_3 - CH - CH = CH - CH_3$

41.
$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \longrightarrow OH$$

$$\begin{array}{c} \overset{\mathbf{O}}{\longrightarrow} & \overset{\mathbf{O}}{\longleftarrow} \\ \overset{H_2\mathrm{SO}_4}{\longrightarrow} & \mathrm{CH}_3 - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_3 \\ & \mathrm{O} - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_2 - \mathrm{CH}_3 \end{array}$$

42. Se podría obtener por una oxidación con ruptura del doble enlace. Reactivo propuesto: ozono (O₃).

43. a)
$$CH_3CH_9CHOHCH_3 + KMnO_4 \rightarrow CH_3CH_9CCH_3$$

b)
$$CH_3COOH + CH_3CH_9CH_9CH_9OH \rightarrow$$

$$\rightarrow$$
 CH₃ - COOCH₂CH₂CH₂CH₃ + H₂O

c)
$$CH_3CH_2CH_2 + HBr \rightarrow CH_3CH_2CH_2Br + H_2O$$

$$f$$
) $H - C + NaOH \rightarrow H - C + CH_3OH$
 OCH_3 ONa

g)
$$CH_3CH = CHCl + 2 Na \rightarrow CH_3CH = CHNa + NaCl$$

44. a)
$$CH_3 - C' + NH_2 - CH \rightarrow CH_3$$

$$O - CH_3 \qquad CH_3$$

$$\begin{array}{c} O \\ \rightarrow CH_3 - C \\ \hline NH - CH \\ CH_3 \end{array}$$

d)
$$CH_3 - CH_2 - CH_2I + AgCN \rightarrow$$

 $\rightarrow CH_3 - CH_2 - CH_2 - C \equiv N + AgI$

$$\begin{array}{ccc} O & O \\ e) & CH_3 - CH_2 - \overset{\diagup}{C} + NaOH \rightarrow CH_3 - CH_2 - \overset{\diagup}{C} + NH_3 \\ NH_9 & ONa \end{array}$$

45. Datos: m (hidrocarburo) = 120 g
$$V = 0.5 L$$
 m (H_2O) = 216 g m (hidrocarburo) = 0.58 g m (CO_2) = 352 g $T = 25 + 273 = 298$

$$P = 720 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0.95 \text{ atm}$$

Calculamos la fórmula empírica a partir de la masa de H₂O y CO₂, ya que todo el C y el H del hidrocarburo ha pasado a CO₂ y H₂O, respectivamente.

$$\label{eq:mr_rate} \mathbf{M_r} \; (\mathbf{H_2O}) = 18{,}016 \; \mathbf{u} \qquad \qquad \mathbf{M_r} \; (\mathbf{CO_2}) = 44{,}01 \; \mathbf{u}$$

En 120 g de hidrocarburo hay:

$$216~g~H_{2}O \cdot \frac{1~mol~H_{2}O}{18,016~g~H_{9}O} \cdot \frac{2~mol~H}{1~mol~H_{9}O} \simeq 24~mol~H$$

 \rightarrow 3 átomos H

$$352 \text{ g CO}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44,01 \text{ g CO}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \simeq 8 \text{ mol C}$$

→ 1 átomo C

Como la relación en moles es la misma que en átomos, dividimos por el número menor.

Fórmula empírica: CH₃

 M_r (CH₃) = 15,034 u

Calculamos la masa molecular a partir de la ecuación de estado:

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

$$M = \frac{mRT}{PV} = \frac{0.58 \text{ g} \cdot 0.082 \cdot \frac{\text{atm} \cdot L}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{0.95 \text{ atm} \cdot 0.5 \text{ L}}$$

$$M = 30.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

La relación entre la masa molecular y la masa empírica nos dará el número de veces que la primera contiene la segunda:

$$\frac{M}{M(CH_3)} = \frac{30}{15} = 2$$

Fórmula molecular: C₉H₆.

46. Datos: M_r (polibutadieno) = 10 260 u

Monómero:
$$CH_2 = CH - CH = CH_2$$

Calculamos la masa molecular del butadieno:

$$M_r$$
 (CH₂=CH–CH=CH₂) = 4 · 12,01 u + 6 · 1,008 u = 54,088 u

Calculamos las unidades de monómero:

$$\frac{M_r \text{ (polibutadieno)}}{M_r \text{ (butadieno)}} = \frac{10260 \text{ u}}{54,088 \text{ u}} = 189,7$$

El número de unidades del monómero es 190.

La reacción de polimerización:

$$CH_2 = CH - CH = CH_2 + CH_2 = CH - CH = CH_2 + ...$$

 $\rightarrow -(CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH_2 - CH = CH - CH_2)_n - CH_2 - CH$

47. 2-cloro-1-propeno

Monómero:
$$CH_3 - CH = CH_2$$

Reacción de adición:

$$\begin{array}{c} \operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH} = \operatorname{CH}_2 + \operatorname{CH}_3 - \operatorname{CH} = \operatorname{CH}_2 + \dots \\ \stackrel{|}{\operatorname{Cl}} & \stackrel{|}{\operatorname{Cl}} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \operatorname{CH}_3 & \operatorname{CH}_3 \\ | & | \\ - \operatorname{CCH} - \operatorname{CH}_2 - \operatorname{CH} - \operatorname{CH}_2)_n - \\ | & | \\ \operatorname{Cl} & \operatorname{Cl} \end{array}$$

48. Datos: 1, 3-propanodiamina

Ácido butanodioico

n
$$\mathrm{NH_3-(CH_2)_3-NH_2}+\mathrm{n}$$
 HOOC – $\mathrm{(CH_2)_2-COOH}$

$$\begin{array}{ccc}
O & O \\
\parallel & \parallel \\
\rightarrow -(NH - (CH_2)_3 - NH - C - (CH_2) - C)_n - + H_2O
\end{array}$$

Se trata de un **copolímero** porque está formado a partir de dos monómeros distintos.