

9

# Química orgánica



## PARA COMENZAR (página 295)

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

En la actualidad, la mayor parte de los compuestos orgánicos se producen de forma artificial mediante síntesis química, aunque también existen compuestos naturales que se extraen directamente de la naturaleza.

El ser humano ha intentado reproducir los procesos naturales en el laboratorio, bajo condiciones controladas, para sintetizar nuevas sustancias que mejoren nuestra calidad de vida. De esta forma, partiendo de la observación de la naturaleza, se han conseguido sintetizar multitud de nuevos compuestos, algunos de ellos con propiedades similares a otros compuestos naturales, y otros con propiedades bien distintas. Pero lo más importante, todos estos compuestos cuentan con diversas aplicaciones en nuestra sociedad.

- **Investiga sobre Wöhler y la síntesis de la urea. ¿Qué condiciones se dieron para el éxito de sus investigaciones?**

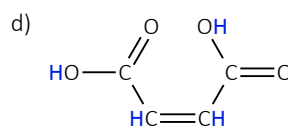
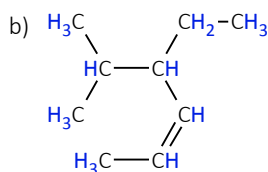
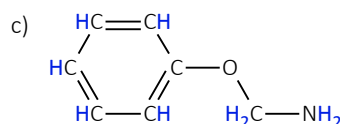
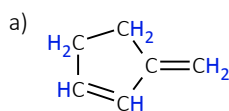
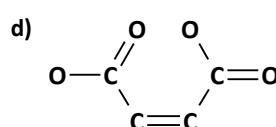
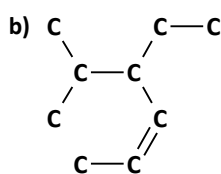
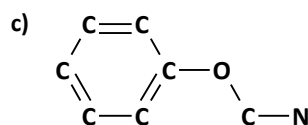
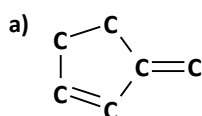
Friedrich Wöhler (1800-1882) fue un químico alemán, famoso por lograr sintetizar la urea.

Wöhler estaba intentando sintetizar cianato de amonio (compuesto inorgánico), a partir de cloruro de amonio y cianato de plata y otros dos compuestos inorgánicos. Sin embargo, Wöhler comprobó que lo que había sintetizado no era el esperado cianato de amonio, sino urea, uno de los principales componentes de la orina humana (un compuesto orgánico). Esto sucedió porque tanto el cianato de amonio como la urea tienen los mismos elementos químicos en igual proporción, pero organizados de distinta forma. Es decir, ambos compuestos son isómeros.

Con este descubrimiento, Wöhler demostró que un producto de los procesos vitales se podía producir en el laboratorio a partir de materia inorgánica, lo que contradecía al pensamiento científico de la época.

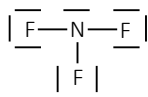
## PRACTICA (página 296)

1. Copia en tu cuaderno las siguientes moléculas y escribe los átomos de hidrógeno que faltan.



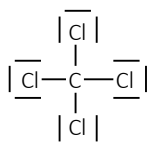
2. Escribe la estructura de Lewis de los compuestos  $\text{NF}_3$  y  $\text{CCl}_4$  indicando si los pares de electrones son enlazantes o libres.

La estructura de Lewis del  $\text{NF}_3$  es:



Puedes observar que el  $\text{NF}_3$  tiene tres pares de electrones enlazantes y diez pares de electrones no enlazantes.

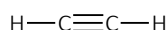
La estructura de Lewis del  $\text{CCl}_4$  es:



Puedes observar que el  $\text{CCl}_4$  tiene cuatro pares de electrones enlazantes y doce pares de electrones no enlazantes.

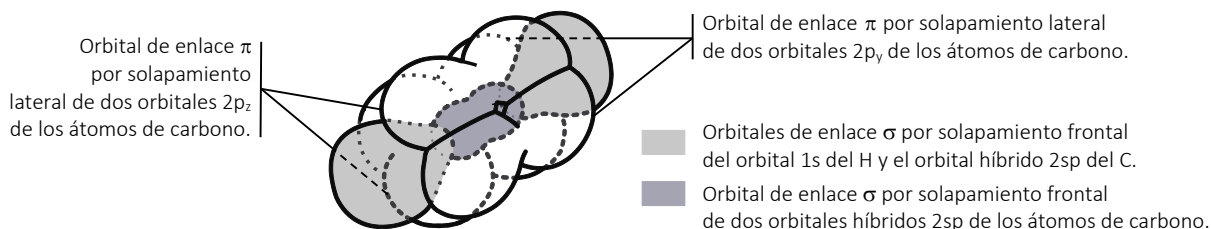
**3. Describe la estructura espacial de la molécula de etino indicando la hibridación de los átomos de carbono.**

La molécula de etino contiene un enlace triple entre los dos átomos de carbono. Cada átomo de carbono comparte tres pares de electrones con el otro átomo de carbono y un par de electrones con el hidrógeno. Su estructura de Lewis es:



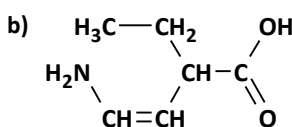
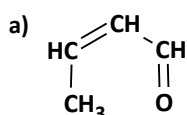
La configuración electrónica del carbono es  $1s^2 2s^2 2p^2$ . Un electrón del orbital  $2s$  promociona al orbital  $2p$  vacío para poder formar un enlace triple. Así, la molécula de etino tiene una **hibridación sp**. Se combinan un orbital tipo  $s$  con un orbital tipo  $p$  para resultar 2 orbitales  $sp$  formando entre sí un ángulo de  $180^\circ$ .

La estructura espacial de la molécula de etino es la siguiente:

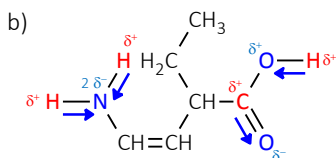
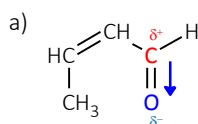


**PRACTICA (página 297)**

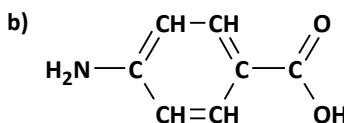
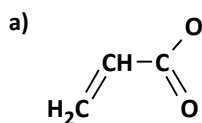
**4. Localiza en las siguientes moléculas los enlaces polares y el sentido en el que están polarizados.**



Ambas moléculas tienen enlaces polarizados:



**5. Explica si las siguientes sustancias son ácidos, bases o anfóteras.**



a) Contiene el grupo carboxilo del que se ha desprendido del protón  $\text{H}^+$ . Tiene la posibilidad de recuperarlo por eso tiene **carácter básico**.

- b) La sustancia contiene el grupo carboxilo, que es ácido, y el grupo amino, que es básico. Por tanto, la sustancia es **anfótera**, pudiéndose comportar como un ácido o como una base o como las dos cosas a la vez.

### ACTIVIDADES (página 299)

6. Pon un ejemplo, con su nombre y fórmula, de cada una de las familias siguientes:

- |             |            |             |
|-------------|------------|-------------|
| a) Alqueno. | c) Cetona. | e) Amina.   |
| b) Alcohol. | d) Éster.  | f) Nitrilo. |

El enunciado no lo exige, pero ofrecemos aquí ejemplos con 3 átomos de carbono. Otras respuestas podrían ser igualmente válidas.

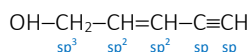
- |                 |                                                 |                    |                                                   |
|-----------------|-------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|
| a) propeno:     | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$             | d) metoxietano:    | $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$    |
| b) propan-1-ol: | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ | e) propilamina:    | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ |
| c) propanone:   | $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$             | f) propanonitrilo: | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{N}$  |

7. Las fórmulas moleculares de tres hidrocarburos lineales son:  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  y  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .

- a) Nombra los compuestos.
- b) ¿Pertenece los tres a la misma serie homóloga?
- c) ¿Presentan todos sus átomos de carbono hibridación  $\text{sp}^3$ ?
- a) **Propano**, **butano** y **pentano**, respectivamente.
- b) **No**, los tres son hidrocarburos, y por tanto carecen de grupo funcional. Todos ellos son alcanos que responden a la fórmula  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  y solo se diferencian en el número de carbonos de la cadena.
- c) **Sí**, todos ellos presentan hibridación  $\text{sp}^3$ , pues no hay ningún enlace múltiple entre los carbonos.

8. Indica el tipo de hibridación que se asigna a cada uno de los átomos de carbono del penta-2-en-4-in-1-ol.

La fórmula del compuesto enunciado y la hibridación de cada uno de los átomos de carbono que lo componen son:



Por tanto, el carbono 1.º tiene hibridación  $\text{sp}^3$ , los carbonos 2.º y 3.º tienen hibridación  $\text{sp}^2$  y los carbonos 4.º y 5.º hibridación  $\text{sp}$ .

9. Identifica y nombra el grupo funcional presente en cada uno de los siguientes compuestos:

- |                                                                           |                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| a) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CHO}$                          | c) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$              |
| b) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$             | d) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_3$                         |
| a) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CHO}$ <b>aldehído</b>          | c) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <b>amina</b> |
| b) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$ <b>éter</b> | d) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_3$ <b>éster</b>            |

### ACTIVIDAD (página 301)

10. Nombra los siguientes compuestos:

- |                                                     |                                          |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| a) $\text{CH}_3-\text{COOH}$                        | a) ácido etanoico o ácido acético.       |
| b) $\text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | b) etanoato de etilo o acetato de etilo. |
| c) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$    | c) but-2-eno.                            |
| d) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$             | d) propanal.                             |

11. Formula los siguientes compuestos orgánicos empleando fórmulas desarrolladas que distingan todos los enlaces.

a) pent-2-eno

b) 3-metilhex-1-ino

c) heptan-2-ol

d) etilamina

e) propanal

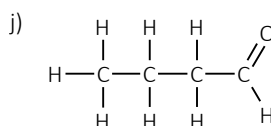
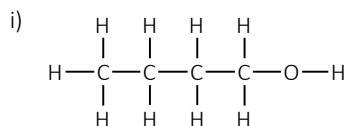
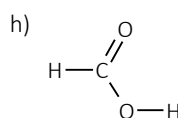
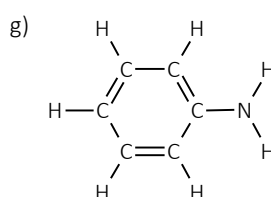
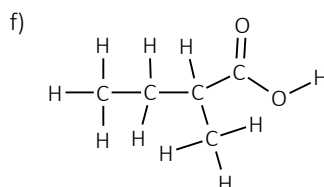
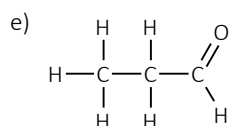
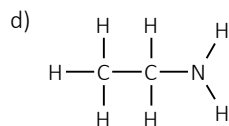
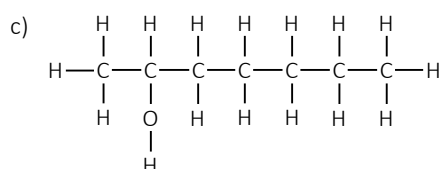
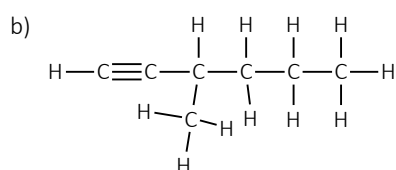
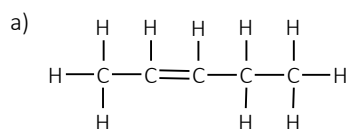
f) ácido 2-metilbutanoico

g) fenilamina

h) ácido metanoico

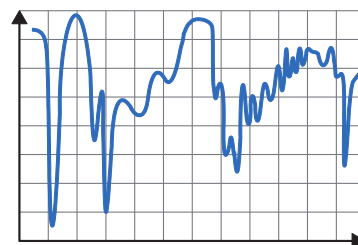
i) butan-1-ol

j) butanal



### ACTIVIDAD (página 303)

12. En la figura siguiente, se muestra un espectro de infrarrojo (IR) de una molécula. Indica qué magnitud se representa en cada eje de un espectro infrarrojo. Explica brevemente el proceso que experimenta un compuesto químico cuando es irradiado con radiación infrarroja.



En el eje de ordenadas se representa el % de transmitancia, y en el de abscisas el número de onda (en  $\text{cm}^{-1}$ ) de la radiación absorbida.

Cuando un compuesto químico es irradiado con radiación infrarroja, absorbe parte de esta energía, lo que provoca cambios en la frecuencia de vibración de los enlaces covalentes de la molécula.

**ACTIVIDADES (página 305)**

- 13. Escribe, fórmula y nombre, de un hidrocarburo alifático saturado que presente isomería de cadena.**

Hexano:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$

Un isómero de cadena de este es el 2,3-dimetilbutano:  $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}_3$

- 14. Escribe, fórmula y nombre, de un isómero de cadena del butano,  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$ .**

Solo hay uno, el metilpropano. Su fórmula semidesarrollada es:

$$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ | \\ \text{CH—CH}_3 \\ | \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$$

- 15. Escribe, fórmula y nombre, de un alcohol que presente isomería de posición.**

propan-1-ol:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$

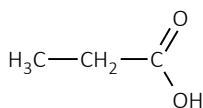
propan-2-ol:  $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{OH})\text{—CH}_3$

- 16. Escribe, fórmula y nombre, de un isómero de posición del 2-cloropropano,  $\text{CH}_3\text{—CHCl—CH}_3$ .**

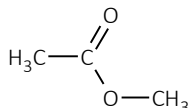
1-cloropropano:  $\text{CH}_2\text{Cl—CH}_2\text{—CH}_3$

- 17. Formula el ácido propanoico y el 2-metilbutanal. Encuentra un isómero de función para cada uno de ellos, escribiendo su fórmula y su nombre.**

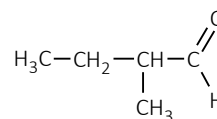
ácido propanoico:



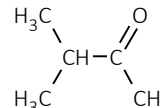
Un isómero de función del ácido propanoico es el **acetato de metilo**:



2-metilbutanal:



Un isómero de función del 2-metilbutanal es la **3-metil-2-butanona**:

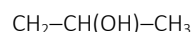
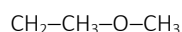


- 18. Escribe, fórmula y nombre, de un isómero de función del etanol,  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH}$ .**

dimetil éter o metoximetano:  $\text{CH}_3\text{—O—CH}_3$

- 19. Entre los siguientes compuestos hay dos isómeros de función: etil metil éter, ácido propanoico, propan-2-ol y propanal, ¿cuáles son? Escribe sus fórmulas semidesarrolladas.**

Son isómeros de función el etil metil éter y el propan-2-ol:



- 20. Formula y nombra:**

a) Dos isómeros de función, ambos con la fórmula  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ .

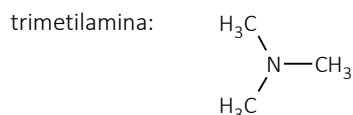
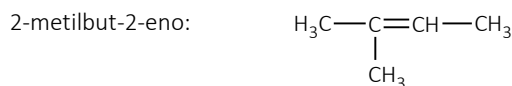
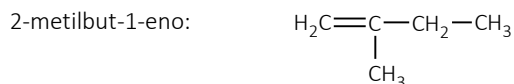
b) Tres aminas con la fórmula  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$ .

a) butanal:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$

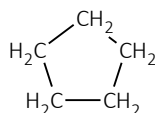
butanona:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CO—CH}_3$

b) propanamina:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$

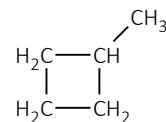
N-metiletilamina:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH—CH}_3$


**21. Escribe la fórmula y el nombre de todos los posibles isómeros que corresponden a la fórmula molecular C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>.**


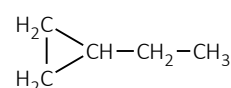
ciclopentano:



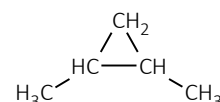
metilciclobutano:



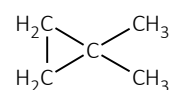
etilciclopropano:



1,2-dimetilciclopropano:



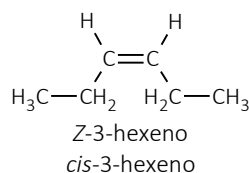
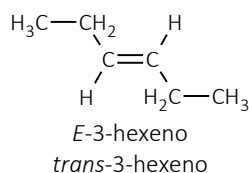
1,1-dimetilciclopropano:


**ACTIVIDADES (página 306)**
**22. Escribe la fórmula del 3-hexeno y analiza si presenta isomería geométrica.**

Para que tenga isomería geométrica, el compuesto debe contener al menos un doble enlace con grupos diferentes unidos a cada carbono del doble enlace.

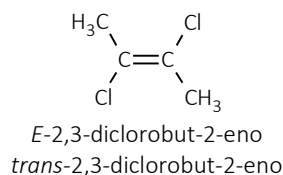
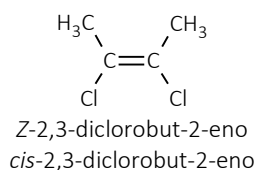
La fórmula del 3-hexeno es:  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Observa que contiene un doble enlace entre los carbonos 3 y 4, y cada carbono está unido a un hidrógeno y a un grupo etilo. Por tanto, el 3-hexeno presenta dos isómeros geométricos:


**23. Escribe la fórmula semidesarrollada y el nombre que le corresponde a cada uno de los isómeros geométricos del 2,3-diclorobut-2-eno.**

La fórmula semidesarrollada del 2,3-diclorobut-2-eno es:  $\text{CH}_3-\text{CCl}=\text{CCl}-\text{CH}_3$ .

Observa que contiene un doble enlace entre los carbonos 2 y 3, y cada carbono está unido a un cloro y a un grupo metilo. Por tanto, el 2,3-dicloro-2-buteno presenta dos isómeros geométricos:


**24. Formula los siguientes compuestos:**

a) 1-clorobut-2-eno.

b) butanoato de etilo.



c) ácido 2-pentenodioico.

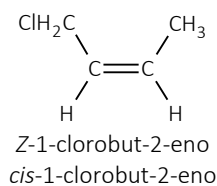
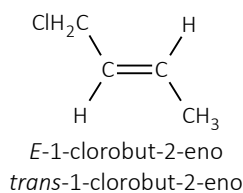
d) etanoamida.

¿Cuáles de ellos presentan isomería geométrica? Justifica la respuesta.

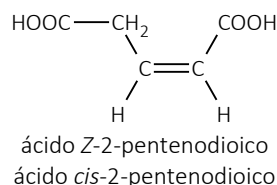
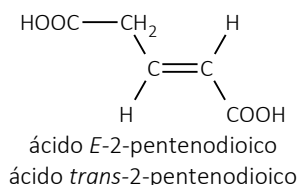
- a) 1-clorobut-2-eno:  $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$   
 b) butanoato de etilo:  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$   
 c) ácido 2-pentenodioico:  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$   
 d) etanoamida:  $\text{CH}_3-\text{CONH}_2$

Un compuesto presentará isomería geométrica si contiene al menos un doble enlace con grupos distintos unidos a cada carbono del doble enlace. Esta condición la cumplen el 1-clorobut-2-eno y el ácido 2-pentenodioico.

En el 1-clorobut-2-eno cada carbono del doble enlace está unido a un hidrógeno y un grupo clorometilo. Sus isómeros geométricos serán los siguientes:



En el ácido 2-pentenodioico un carbono del doble enlace está unido a un hidrógeno y a un grupo carboxilo, y el otro a un hidrógeno y a un grupo metilcarboxilo. Sus isómeros geométricos serán los siguientes:



## ACTIVIDADES (página 307)

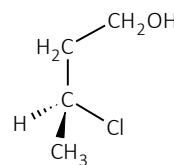
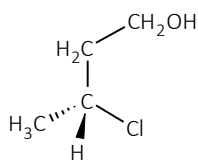
25. Observa los compuestos:  $\text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$  y  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ . Indica, razonadamente, cuál de ellos:

a) Presenta isomería óptica.

b) Presenta isomería geométrica.

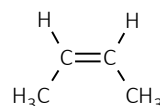
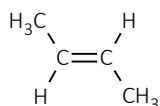
- a) La isomería óptica se presenta cuando hay unidos cuatro grupos distintos alrededor de un átomo de carbono tetraédrico ( $\text{sp}^3$ ). Para ello debe existir un carbono quiral o asimétrico.

En el primer compuesto todos los carbonos son tetraédricos, pero solo el segundo carbono es asimétrico y, por tanto, ese carbono es quiral. **Hay una pareja de isómeros ópticos o enantiómeros del primer compuesto.**



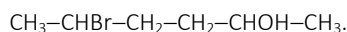
Por el contrario, el segundo compuesto no cuenta con ningún carbono asimétrico con hibridación  $\text{sp}^3$ , y carece por tanto de isomería óptica.

- b) Para que exista isomería geométrica, el compuesto debe contener al menos un doble enlace con grupos diferentes unidos a cada carbono del doble enlace. En el segundo compuesto se da esta condición, cada carbono del doble enlace está unido a un hidrógeno y a un grupo metilo. **El segundo compuesto presenta isomería geométrica.**

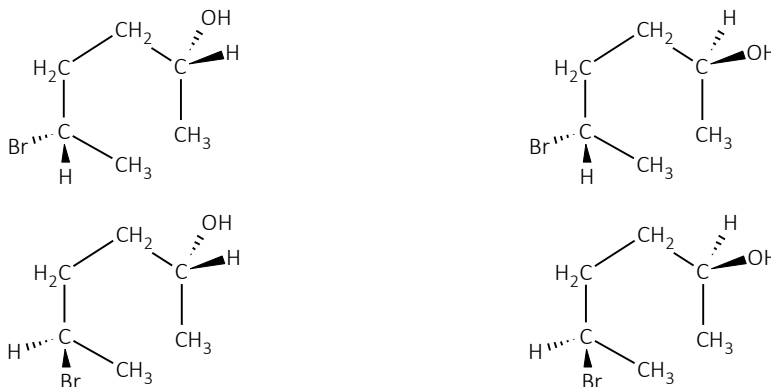


**26. Indica si el siguiente compuesto 5-bromohexan-2-ol presenta isomería óptica. Razona la respuesta.**

Escribe la fórmula del compuesto:



**Sí presenta isomería óptica**, ya que tiene dos carbonos tetraédricos y asimétricos: el carbono 2, por estar unido a cuatro grupos distintos (metil, hidrógeno, hidroxilo y 3-bromopropil), y el carbono 5 (metil, bromo, 3-hidroxibutil e hidrógeno).



Por tanto, este compuesto tendrá cuatro isómeros ópticos.

**27. Indica cuáles de los siguientes compuestos tienen un carbono quiral:**

- but-2-eno.
- 2-cloro-2-metilpropano.
- ácido 2-aminopropanoico.

**Justifica tus respuestas.**

Un carbono quiral o asimétrico es aquel que es tetraédrico y está unido a cuatro sustituyentes distintos. Para determinarlo, escribe la fórmula de cada compuesto:

- but-2-eno:  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$
- 2-cloro-2-metilpropano:  $\text{CH}_3\text{-CCl(CH}_3\text{)-CH}_3$
- ácido 2-aminopropanoico:  $\text{CH}_3\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$

Por tanto, de los compuestos anteriores solo el **ácido 2-aminopropanoico** presenta un carbono quiral o asimétrico, que es el segundo carbono.

**ACTIVIDAD (página 308)****28. Nombra los siguientes compuestos e identifica sus grupos funcionales.**

- |                                               |                                                                                 |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| a) $\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$  | a) etanoato de etilo: $\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$ . Éster.        |
| b) $\text{CH}_3\text{-NH}_2$                  | b) metilamina: $\text{CH}_3\text{-NH}_2$ . Amina.                               |
| c) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$ | c) butan-2-ol: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$ . Alcohol.            |
| d) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$      | d) ácido propanoico: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$ . Ácido carboxílico. |

**ACTIVIDAD (página 309)**

**29.** A partir de los siguientes compuestos: 2,3-dimetilbutano; propan-2-ol; ácido etanoico; but-2-eno.

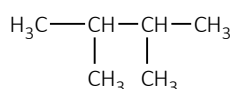
a) Escribe las fórmulas semidesarrolladas.

b) Indica razonadamente si existe algún enlace polar en las moléculas y en qué sentido se produce el desplazamiento del par electrónico.

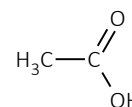
c) Escribe, si es posible, algún isómero de cada molécula, indica de qué tipo es.

a) Las fórmulas semidesarrolladas de los compuestos anteriores son las siguientes:

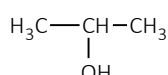
2,3-dimetilbutano



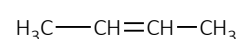
ácido etanoico



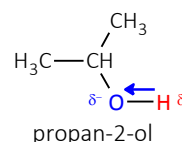
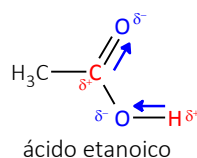
propan-2-ol



but-2-eno



b) Aparecen enlaces polares en el propan-2-ol (O—H) y en el ácido etanoico (O—H y C=O) debido a la gran diferencia de electronegatividad existente entre los dos átomos. Las fórmulas semidesarrolladas con el desplazamiento del par electrónico en las dos polares se indican a continuación:



c) Isómeros de las moléculas anteriores:

2,3-dimetilbutano: C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>. Un isómero de cadena podría ser el hexano: CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>3</sub>.

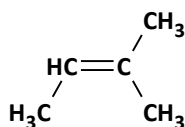
2-buteno: C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>. Un isómero de posición podría ser el 1-buteno: CH<sub>2</sub>=CH—CH<sub>2</sub>—CH<sub>3</sub>.

Ácido etanoico: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>. Un isómero de función es el metanoato de metilo: H—COO—CH<sub>3</sub>.

2-propanol: C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O. Un isómero de función podría ser el etil metil éter: CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>—O—CH<sub>3</sub>.

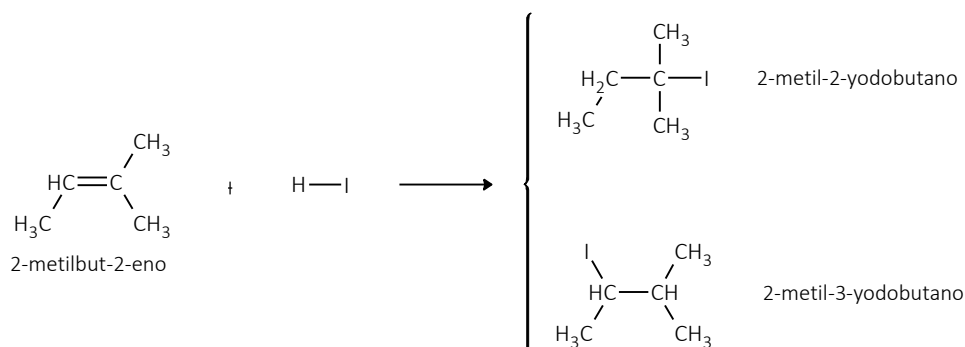
**ACTIVIDAD (página 311)**

**30.** Dada la molécula:



Al reaccionar con yoduro de hidrógeno, ¿cuál es el producto principal? Escribe la ecuación de la reacción química con los nombres de todos los compuestos.

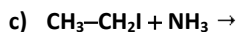
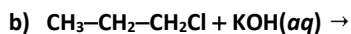
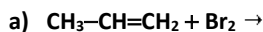
Se trata de una reacción de hidrohaleogénesis al doble enlace. El reactivo a adicionar, yoduro de hidrógeno, está formado por dos átomos diferentes entre sí, existirán siempre dos posibilidades para llevar a cabo la adición al doble enlace.



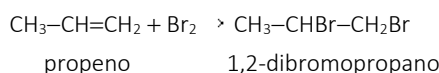
La regla de Markovnikov dice que el producto principal es aquel en el que los hidrógenos se adicionan al carbono que mayor número de hidrógenos unidos tiene ya. Por eso **el producto principal es el 2-metil-2-yodobutano**.

### ACTIVIDADES (página 313)

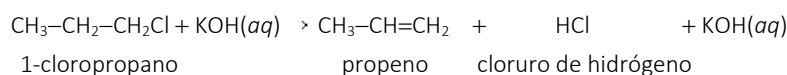
**31. Completa las reacciones siguientes y nombra los compuestos que intervienen.**



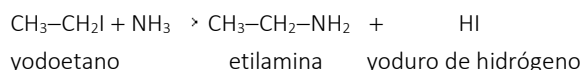
a) Reacción de adición (halogenación):



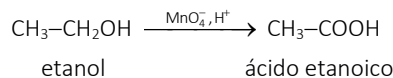
b) Reacción de eliminación (deshidrohalogenación):



c) Reacción de sustitución (nucleófila en amina):



d) Reacción redox (oxidación de un alcohol primario con permanganato):



**32. Escribe las ecuaciones químicas ajustadas de las siguientes reacciones orgánicas, indicando el tipo de reacción:**

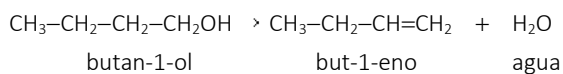
a) **Formación de but-1-eno a partir de butan-1-ol.**

b) **Obtención de propanoato de metilo a partir de ácido propanoico y metanol.**

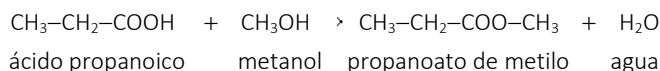
c) **Obtención de propano a partir de propino.**

d) **Obtención de metanol a partir de clorometano.**

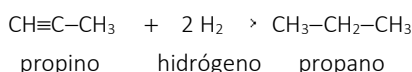
a) Eliminación (deshidratación de alcoholes):



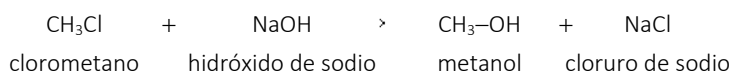
b) Condensación (esterificación):



c) Adición (hidrogenación):

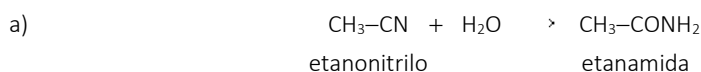
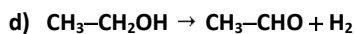
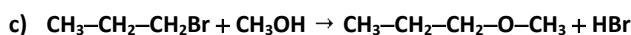
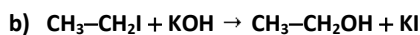
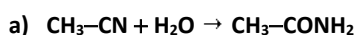


d) Sustitución (nucleófila en alcohol):

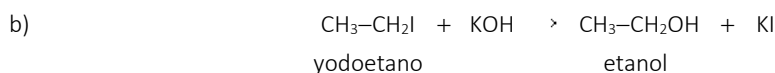


**ACTIVIDADES (página 316)**

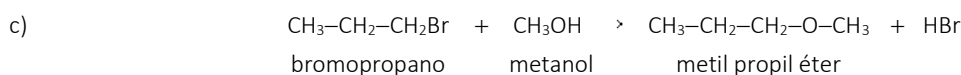
**33. Nombra las sustancias orgánicas que aparecen en las reacciones siguientes y justifica las que corresponden a sustitución o a eliminación.**



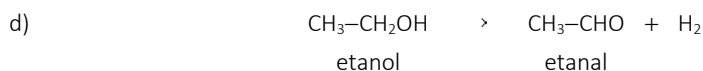
En el primer carbono de la cadena cambia el grupo ciano a grupo amida. Reacción de **sustitución**.



El grupo -OH reemplaza al yodo. Reacción de **sustitución**.



El grupo -O-CH<sub>3</sub> reemplaza al bromo. Reacción de **sustitución**.



Puede parecer que se trata de una reacción de eliminación porque del etanol se eliminan dos H y en el resultado final hay un doble enlace en el grupo carbonilo del etanal. Pero el doble enlace no es entre dos carbonos de la cadena carbonada. En realidad es una reacción de oxidación.

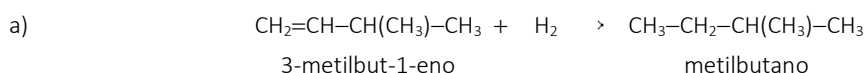
**34. Para cada uno de los siguientes procesos escribe la ecuación química ajustada con los nombres y el tipo de reacción:**

a) **Hidrogenación catalítica de 3-metilbut-1-eno.**

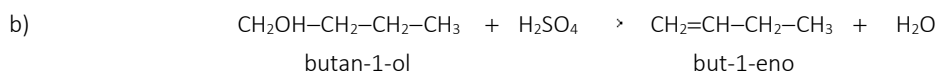
b) **Deshidratación del butan-1-ol con ácido sulfúrico.**

c) **Deshidrohalogenación de 2-bromo-2-metilpropano.**

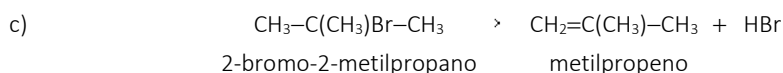
d) **Reacción de propanal con KMnO<sub>4</sub>.**



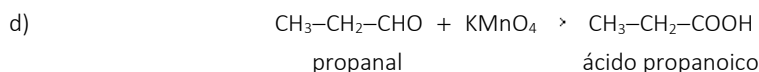
Reacción de **adición**.



Reacción de **eliminación**.

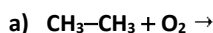


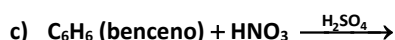
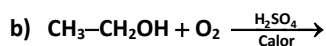
Reacción de **eliminación**.



Reacción de **oxidación**.

**35. Completa las siguientes ecuaciones químicas e indica el tipo de reacción a la que pertenecen:**





a)  $2 \text{CH}_3\text{-CH}_3 + 7 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ . Reacción de **combustión**.

b)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \xrightarrow[\text{Calor}]{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ . Reacción de **eliminación** (deshidratación de alcohol).

c)  $\text{C}_6\text{H}_6 \text{ (benceno)} + \text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{C}_6\text{H}_5\text{-NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Reacción de **sustitución** (nitrición).

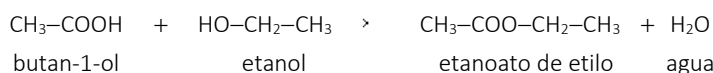
**36. Para los compuestos ácido etanoico, bromometano y dimetil éter:**

a) ¿Cuál de los tres compuestos reaccionará con etanol? ¿Cuál es el producto de la reacción?

b) Escribe la ecuación ajustada, con los nombres de las especies químicas resultantes, de la reacción que tiene lugar cuando el bromometano reacciona con NaOH. ¿De qué tipo de reacción se trata?

a) El **ácido etanoico** reaccionará con etanol para dar **etanoato de etilo**.

b) Se trata de una reacción de **condensación**:

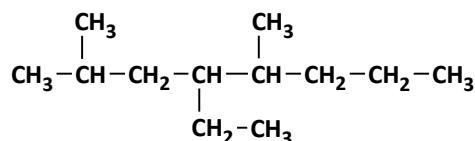


### ACTIVIDADES FINALES (página 320)

#### Características generales

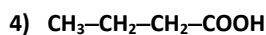
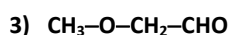
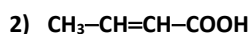
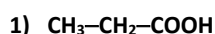
**37. Para el compuesto 4-etil-2,5-dimetiloctano escribe su fórmula semidesarrollada y su fórmula molecular.**

Fórmula semidesarrollada:



Fórmula molecular: **C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>**.

**38. Del siguiente conjunto de compuestos, indica:**



a) Los que tienen la misma cadena carbonada.

b) Los que tienen el mismo grupo funcional.

c) Los que tienen alguna insaturación.

a) El 2 y el 4 tienen la misma cadena carbonada con 4 átomos de carbono.

b) El 1, el 2 y el 4 tienen el mismo grupo funcional (grupo carboxilo).

c) Todos tienen la insaturación C=O, y además el 2 tiene la insaturación C=C.

**39. Escribe las fórmulas de los siguientes compuestos: dimetil éter, ciclohexanol, acetato de metilo, propilamina.**

dimetil éter: **CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>3</sub>**

ciclohexanol: **C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>-OH**

acetato de metilo:  $\text{CH}_3\text{—COO—CH}_3$ 

 propilamina:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$ 

- 40.** Explica por qué la molécula de eteno,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , es plana con ángulos de enlace de aproximadamente  $120^\circ$ , mientras que la molécula de acetileno,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , es lineal. ¿En cuál de las dos moléculas anteriores la distancia entre los átomos de carbono debe ser menor?

La molécula de eteno,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , tiene hibridación  $\text{sp}^2$ , con ángulos de enlace de aproximadamente  $120^\circ$ , porque los orbitales híbridos  $\text{sp}^2$  van desde cada átomo de carbono hacia los vértices de un triángulo equilátero plano.

Sin embargo, la molécula de etino,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , tiene hibridación  $\text{sp}$  y su estructura es lineal. Esta estructura obliga a que los ángulos de enlace sean de  $180^\circ$ .

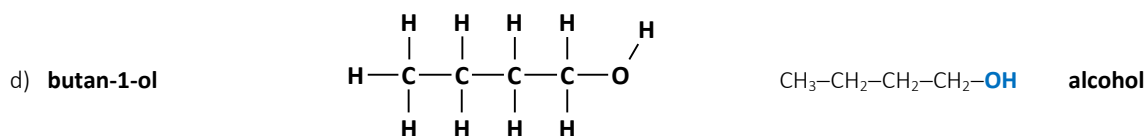
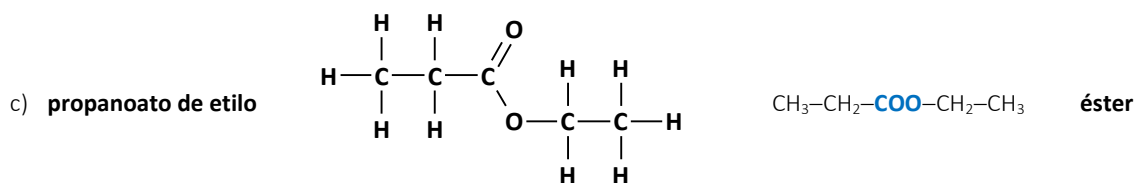
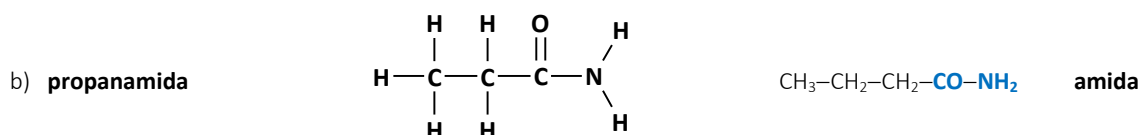
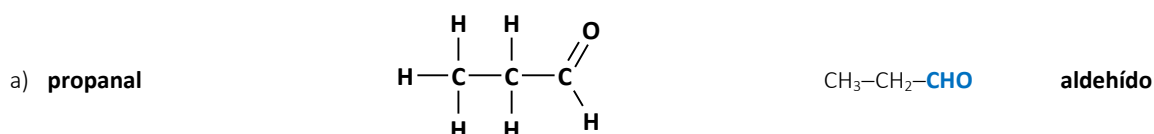
Además, en la molécula de etino los dos átomos de carbono se unen mediante un enlace triple constituido por un orbital de enlace  $\sigma$  y dos orbitales de enlace  $\pi$ . Mientras que en la molécula de eteno los dos átomos de carbono se unen mediante un enlace doble constituido por un orbital de enlace  $\sigma$  y otro orbital de enlace  $\pi$ . Como el orbital tipo  $\pi$  se produce por solapamiento lateral, para que sea efectivo, la distancia C—C tiene que acortarse. Por eso, como la molécula de etino cuenta con dos enlaces  $\pi$  y la de eteno con solo uno, la distancia C—C es menor en el etino que en el eteno.

- 41.** Escribe la fórmula desarrollada y el nombre de los siguientes compuestos. Indica el grupo funcional que contienen.

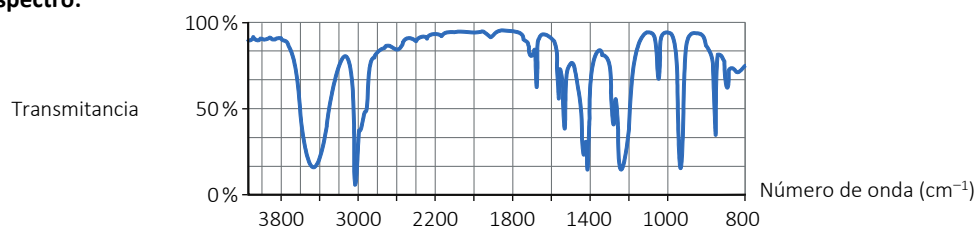
 a)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHO}$ 

 b)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CO—NH}_2$ 

 c)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COO—CH}_2\text{—CH}_3$ 

 d)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$ 


- 42.** Se ha utilizado la espectroscopía infrarroja (IR) para identificar un compuesto. Experimentalmente se ha obtenido el siguiente espectro:



- a) ¿Qué le pasa a una molécula cuando absorbe radiación infrarroja?  
 b) Justifica si el compuesto es el 2-propanol o el ácido propanoico.

Absorción de diferentes tipos de enlace en la región de infrarrojo		
Enlace	Tipo de compuesto	Intervalo de número de onda (cm <sup>-1</sup> )
C-H	alcanos (C-C-H)	(2850, 2970) (1340, 1470)
	alquenos (C=C-H)	(3010, 3095) (675, 995)
O-H	alcoholes	(3200, 3600)
	ácidos carboxílicos	(2500, 2700)
C-O	alcoholes, éteres, ácidos carboxílicos, ésteres	(1050, 1300)
C=O	aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres	(1690, 1760)

- a) Cuando una molécula absorbe radiación infrarroja, los enlaces covalentes que mantienen unidos los átomos comienzan a vibrar.  
 b) El grupo alcohol absorbe energía del intervalo de longitud de onda (3200, 3600). El grupo ácido carboxílico absorbe en el intervalo (2500, 2700). Se observa absorción por encima de 3000, no por debajo. Por tanto, el compuesto es el **2-propanol**.

**43.** La combustión de 3 g de un alcohol produce 7,135 g de dióxido de carbono y 3,650 g de agua. Determina:

- a) La fórmula empírica de dicho alcohol.  
 b) Sabiendo que 3 g de alcohol en estado gaseoso ocupan un volumen de 1075 mL a 25 °C y 0,92 atm, calcula la masa molecular y la fórmula molecular.

Dato:  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ .

- a) Durante la combustión del alcohol todo el carbono pasará a dióxido de carbono, todo el hidrógeno a agua. El oxígeno se distribuye, junto con el oxígeno comburente, a dióxido de carbono y agua.

Halla las masas de carbono y de hidrógeno en los productos formados durante la reacción:

- Carbono:  $M(\text{CO}_2) = 12,01 + 16,00 \cdot 2 = 44,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$$m_{\text{C}} = 7,135 \text{ g de CO}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol de CO}_2}{44,01 \text{ g de CO}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol de átomos de C}}{1 \text{ mol de CO}_2} \cdot \frac{12,01 \text{ g de C}}{1 \text{ mol de átomos de C}} = 1,947 \text{ g de C}$$

- Hidrógeno:  $M(\text{H}_2\text{O}) = 1,008 \cdot 2 + 16,00 = 18,016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{H}) = 1,008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$$m_{\text{H}} = 3,650 \text{ g de H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol de H}_2\text{O}}{18,016 \text{ g de H}_2\text{O}} \cdot \frac{2 \text{ mol de átomos de H}}{1 \text{ mol de H}_2\text{O}} \cdot \frac{1,008 \text{ g de H}}{1 \text{ mol de átomos de H}} = 0,408 \text{ g de H}$$

La masa de oxígeno será la diferencia entre la masa del alcohol y la suma de las masas de carbono e hidrógeno ya calculadas:

$$m_{\text{O}} = [3 - (1,947 + 0,408)] \text{ g} = 0,645 \text{ g}$$

Divide las masas obtenidas entre las masas atómicas de cada elemento. Así obtienes la cantidad de cada elemento:

$$n_{\text{C}} = 1,947 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}}{12,01 \text{ g de C}} = 0,162 \text{ mol de C}$$



$$n_{\text{H}} = 0,408 \text{ g de H} \cdot \frac{1 \text{ mol de H}}{1,008 \text{ g de H}} = 0,405 \text{ mol de H}$$

$$n_{\text{O}} = 0,645 \text{ g de O} \cdot \frac{1 \text{ mol de O}}{16,00 \text{ g de O}} = 0,040 \text{ mol de O}$$

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

$$N_{\text{C}} = \frac{0,162 \text{ mol}}{0,040 \text{ mol}} = 4,025 \approx 4; \quad N_{\text{H}} = \frac{0,405 \text{ mol}}{0,040 \text{ mol}} = 10,06 \approx 10; \quad N_{\text{O}} = \frac{0,040 \text{ mol}}{0,040 \text{ mol}} = 1$$

Por tanto, la fórmula empírica del compuesto es **C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O**.

b) Calcula la masa molecular del compuesto mediante la ecuación de estado de los gases ideales:

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

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} = \frac{3 \text{ g} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (25 + 273) \text{ K}}{0,92 \text{ atm} \cdot 1,075 \text{ L}} = 74,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Como la fórmula molecular del compuesto contiene  $n$  veces la fórmula empírica:

$$M(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = 12,01 \cdot 4 + 1,008 \cdot 10 + 16,00 = 74,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M[(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})_n] = n \cdot M(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) \Rightarrow n = \frac{M[(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})_n]}{M(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})} = \frac{74,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{74,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1$$

Por tanto, la fórmula molecular del compuesto coincide con su fórmula empírica y es **C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O**.

### ACTIVIDADES FINALES (página 321)

**44.** Escribe un compuesto que se ajuste a las siguientes condiciones:

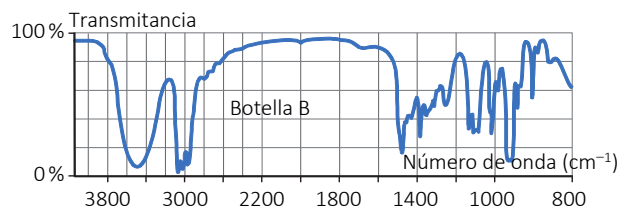
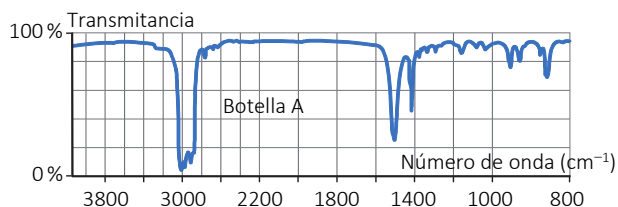
a) Una amina secundaria con cuatro carbonos, un átomo de nitrógeno unido a un carbono con hibridación  $sp^3$  y con algún átomo con la hibridación tipo  $sp^2$ .

b) Un éter de tres carbonos conteniendo átomos con hibridación  $sp$ .

a) *N*-metilprop-2-enamina:  $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_2\text{-CH=CH}_2$

b) etinil metil éter:  $\text{CH}_3\text{-O-C}\equiv\text{CH}$

**45.** Sendas botellas, A y B, contienen un líquido puro y transparente desconocido. Las únicas posibilidades son las sustancias orgánicas siguientes: pentan-3-ona (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O), pentan-3-ol (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O) o pentano (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>). Se somete cada botella a espectroscopía infrarroja consiguiéndose los siguientes espectros:



Identifica razonadamente a qué sustancia orgánica corresponde cada ampolla.

Datos: en la tabla de la actividad 42.

Observa cada espectro e identifica los intervalos en los que sí y los que no hay absorción. Haz corresponder estos intervalos con los valores de absorción de la tabla de la actividad número 42.

Para hacer corresponder el tipo de enlace y compuesto característico de cada uno de los compuestos se pueden seguir razonamientos sencillos como los que siguen:

En el espectro de la botella A identificamos el pico correspondiente al enlace C–C–H, (2850, 2970), (1340, 1470). No hay absorción en los intervalos característicos de los alcoholes (3200, 3600) ni de las cetonas (1690, 1760). Por tanto, la sustancia contenida en la botella A es un alcano. Será el **pentano**.

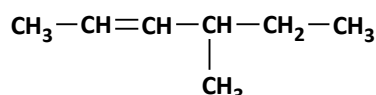
En el espectro de la botella B identificamos el pico correspondiente al grupo alcohol (3200, 3600). No hay absorción en el intervalo característico de las cetonas (1690, 1760). Por tanto, la sustancia contenida en la botella B es un alcohol. Será el **pentan-3-ol**.

### Isomería

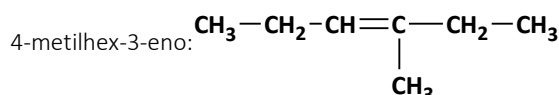
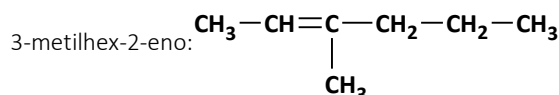
**46. Formula el 4-metilhex-2-eno y escribe el nombre y la fórmula de dos isómeros de este compuesto.**

a) De posición.      b) De función.      c) Geométricos.      d) Ópticos.

La fórmula del 4-metilhex-2-eno es  $C_7H_{14}$ , en su forma semidesarrollada:

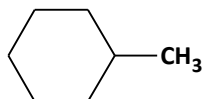


a) Dos isómeros de posición del 4-metilhex-2-eno son los siguientes:

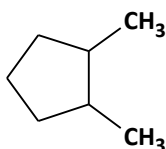


b) Dos isómeros de función del 4-metilhex-2-eno son los siguientes:

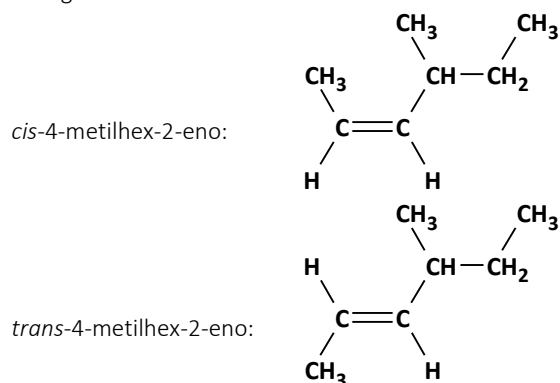
metilciclohexano:



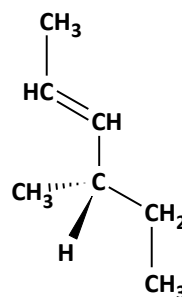
1,2-dimetilciclopentano:



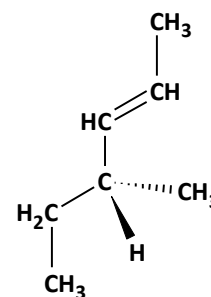
c) Dos isómeros geométricos del 4-metilhex-2-eno son los siguientes:



d) El carbono 4 de la cadena es quiral. Por tanto, el 4-metilhex-2-eno sí tiene isómeros ópticos. Son los siguientes:



(4S)-4-metilhex-2-eno

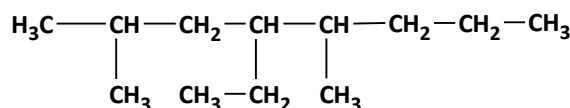


(4R)-4-metilhex-2-eno

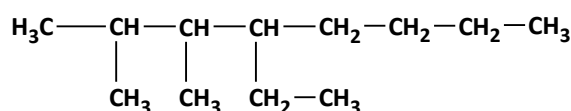
Nota: La nomenclatura de los isómeros ópticos no forma parte de los contenidos de 2.º de Bachillerato.

**47. Para el compuesto 4-etil-2,5-dimetiloctano escribe su fórmula y el nombre de un compuesto con igual fórmula molecular pero distinta fórmula semidesarrollada indicando el tipo de isómero que es.**

La fórmula del compuesto 4-etil-2,5-dimetiloctano es  $C_{12}H_{26}$ :



Un compuesto con igual fórmula molecular pero distinta fórmula semidesarrollada es el **4-etil-2,3-dimetiloctano**, que es un **isómero de posición**:



**48. Nombra y representa las fórmulas semidesarrolladas de un alcohol, un aldehído y una cetona, isómeros entre sí y con cuatro átomos de carbono.**

2-butenol:  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH}$

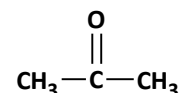
butanal:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$

butanona:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3$

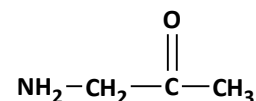
**49. Escribe la fórmula y nombra un isómero de función de cada compuesto:**

a)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$     b)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$     c)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$     d)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$

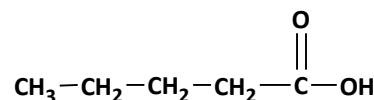
a) Propanal,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . Un isómero de función es la **propanona**:



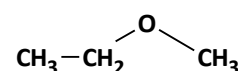
b) Propanamida,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}$ . Un isómero de función es la **1-amino-2-propanona**:



c) Propanoato de etilo,  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ . Un isómero de función es el **ácido pentanoico**:

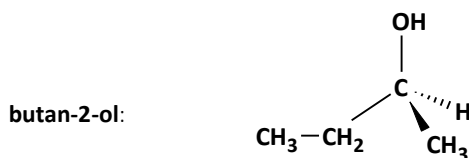


d) Butan-1-ol,  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ . Un isómero de función es el **etil metil éter**:

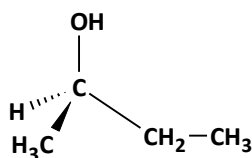


**50. Sabiendo que el alcohol resultante de la actividad 43 tiene un carbono quiral, ¿cuál es su nombre?**

La fórmula molecular resultante de la actividad 43 es  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ . Es el butanol. Pero ¿en qué carbono sustituye el grupo alcohol? Para que haya algún carbono quiral este debe tener hibridación  $\text{sp}^3$  y tener los 4 sustituyentes distintos. Esto ocurre si el alcohol es secundario.



(2S)-butan-2-ol

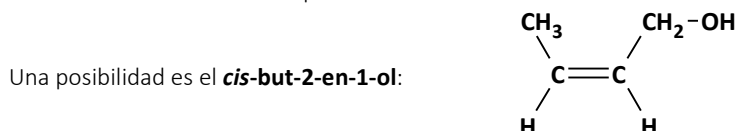


(2R)-butan-2-ol

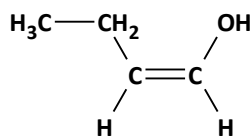
Nota: La nomenclatura de los isómeros ópticos no forma parte de los contenidos de 2.º de Bachillerato.

**51. Escribe un compuesto que sea el isómero *cis* de un alcohol primario de cuatro carbonos.**

El isómero *cis*- de un alcohol primario de cuatro carbonos debe tener un enlace doble.



Otra posibilidad es el *cis-but-1-en-1-ol*:



Mientras que ni el but-3-en-1-ol, ni el 2-metilprop-1-en-1-ol, ni tampoco el 2-metilprop-2-en-1-ol (todos ellos alcoholes primarios de 4 carbonos con enlaces dobles) tienen isómeros geométricos.

**52. Encuentra entre los siguientes compuestos:**

- |                                                    |                                                  |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ | 4) $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$            |
| 2) $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$              | 5) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ |
| 3) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$            | 6) $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$           |

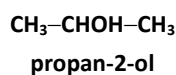
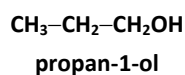
- a) Los que son isómeros de posición.  
 b) Los que presentan isomería geométrica.  
 c) Los que son isómeros de función.

- a) **1** (but-1-eno) y **5** (but-2-eno) son isómeros de posición.  
 b) **5** (but-2-eno) presenta isomería geométrica.  
 c) **3** (propanal) con **6** (propanona) son entre sí isómeros de función; y la pareja **2** (dimetil éter) con **4** (etanol) también son entre sí isómeros de función.

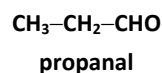
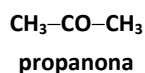
**53. Contesta a las preguntas:**

- a) ¿Cuántos isómeros de posición hay del alcohol con fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ?  
 b) ¿Cuántos isómeros de función tiene el compuesto con fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ?  
 c) ¿Cuántas parejas de isómeros geométricos se pueden encontrar con la fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_8$ ?  
 d) ¿Cuál es el número máximo de carbonos quirales o asimétricos para la fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_8\text{BrCl}$ ?

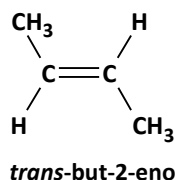
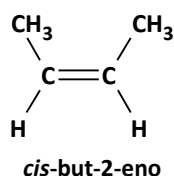
- a)  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ . Tiene dos isómeros de posición:



- b)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . Como solo tiene un átomo de oxígeno, podría ser un alcohol, un éter, una cetona y un aldehído. Como el número de átomos de hidrógeno se corresponde con la existencia de un enlace doble, la estructura solo puede ser un carbonilo ( $-\text{CO}-$  y  $-\text{CHO}$ ). Las dos fórmulas son:

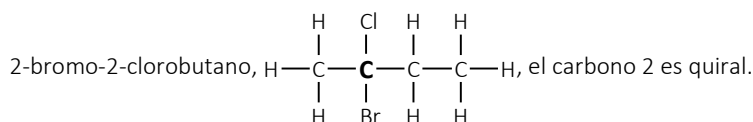
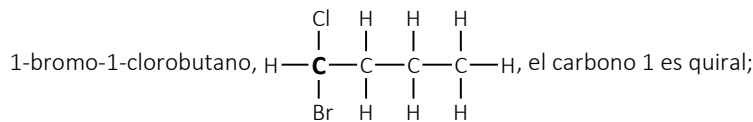


- c)  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Tiene una pareja de isómeros ópticos solo si el doble enlace se da entre el 2.º y 3.º carbonos:



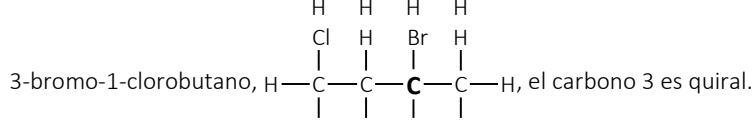
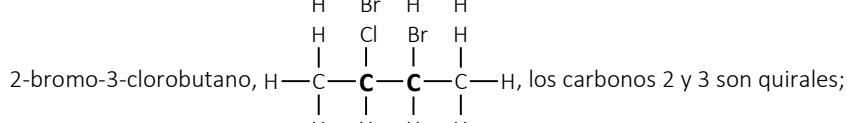
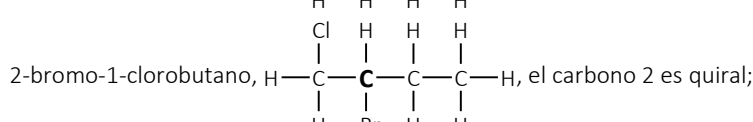
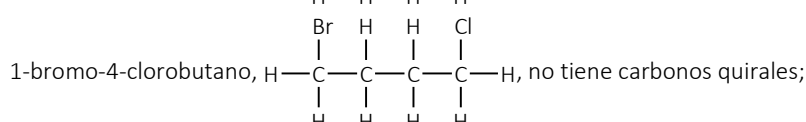
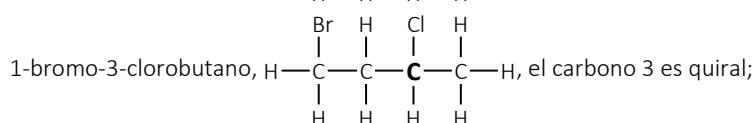
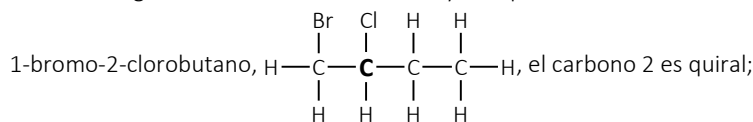
- d)  $\text{C}_4\text{H}_8\text{BrCl}$ . En un carbono quiral los 4 sustituyentes deben ser diferentes. Con dos halógenos (Cl y Br) es posible encontrarlos sustituyendo hidrógenos en el mismo carbono de la cadena o en carbonos diferentes. Cuando en un carbono haya dos hidrógenos no será quiral.

- Con los halógenos en el mismo carbono solo hay 1 carbono quiral, aquel donde sustituyen los halógenos:



Solo hay 1 carbono quiral en la molécula en ambos casos.

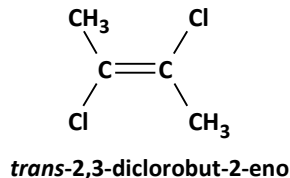
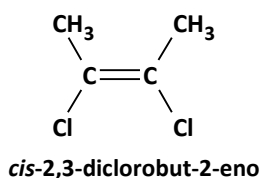
- Con los halógenos en diferente carbono hay más posibilidades:



El máximo se da con 2 carbonos quirales. Este isómero con dos carbonos quirales es el 2-bromo-3-clorobutano.

**54. Escribe las fórmulas semidesarrolladas y el nombre de los isómeros geométricos del 2,3-diclorobut-2-eno.**

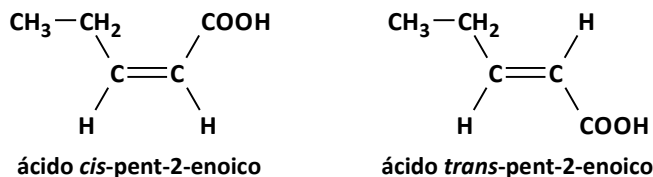
El compuesto 2,3-diclorobut-2-eno,  $\text{CH}_3-\text{CCl}=\text{CCl}-\text{CH}_3$ , presenta un doble enlace con dos grupos orgánicos distintos unidos a cada carbono del mismo, con lo que puede presentar isomería geométrica (*cis/trans*). Si los dos átomos de cloro se colocan del mismo lado del plano del doble enlace, el compuesto es *cis*-, y si se colocan en lados opuestos del plano del doble enlace, es *trans*-:



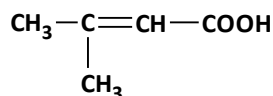
**55. Para el compuesto ácido pent-2-enoico, indica:**

- La pareja de isómeros geométricos.
- La fórmula de un isómero de cadena.

a) Los dos isómeros geométricos del ácido pent-2-enoico son:



b) Un isómero de cadena es, por ejemplo, el **ácido 2-metilbut-2-enoico**:



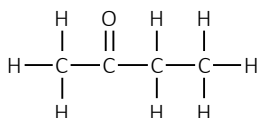
**56.** Para los compuestos orgánicos butanona, ácido propanoico, acetato de etilo y 2-aminobutano.

a) Escribe sus fórmulas moleculares desarrolladas.

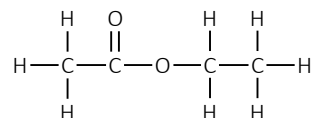
b) Escribe un isómero estructural de cada una de ellas.

c) Escribe algún isómero espacial, si es posible, de alguno de los compuestos.

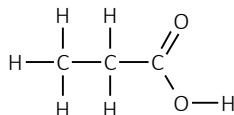
a) butanona



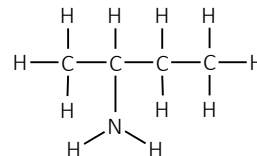
acetato de etilo



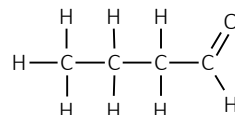
ácido propanoico



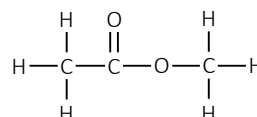
2-aminobutano



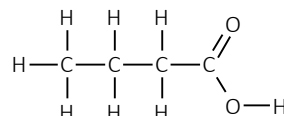
b) Un isómero estructural de la butanona es el **butanal**, que es un isómero de función:



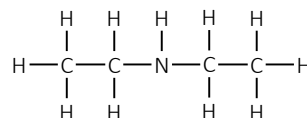
Un isómero estructural del ácido propanoico es el **etanoato de metilo**, que es un isómero de función:



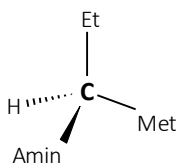
Un isómero estructural del acetato de etilo es el **ácido butanoico**, que es un isómero de función:



Un isómero estructural del 2-aminobutano es la **dietilamina**, o *N*-etiletanamina, que es un isómero de cadena:

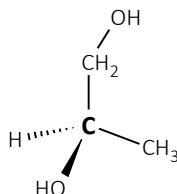


c) El 2-aminobutano es el único que tiene un isómero espacial, ya que tiene un carbono quiral o asimétrico en el carbono 2 pues cada sustituyente de este carbono es distinto:

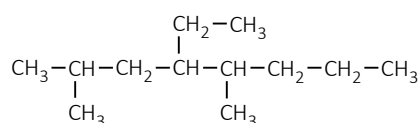


**57. Justifica si alguno de los carbonos de propano-1,2-diol presenta isomería óptica.**

El propano-1,2-diol sí presenta isomería óptica, puesto que el carbono 2 es asimétrico. El carbono 2 es asimétrico por estar unido a cuatro grupos distintos, metil, hidrógeno, hidroxilo e hidroximetil:

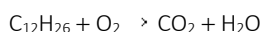
**Reactividad****58. Escribe y ajusta la reacción de combustión del 4-etil-2,5-dimetiloctano.**

La fórmula del 4-etil-2,5-dimetiloctano es:

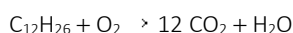


Cuenta los átomos de carbono que componen este alcano para conseguir la fórmula molecular. Para los alcanos la fórmula general es  $C_nH_{2n+2}$ . Con 12 átomos de carbono es  $C_{12}H_{26}$ .

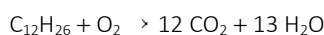
La ecuación que representa la reacción de combustión del 4-etil-2,5-dimetiloctano, sin ajustar, es la siguiente:



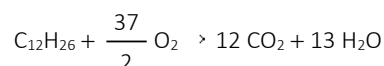
Todos los átomos de carbono del dióxido de carbono proceden del alcano, que tiene 12:



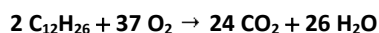
Todos los átomos de hidrógeno del agua proceden del alcano, que tiene 26, dos para cada molécula de agua:



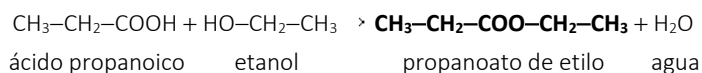
Todos los átomos de oxígeno del dióxido de carbono y del agua proceden del oxígeno molecular. Hay 37 átomos de O, todos procedentes del  $O_2$ :



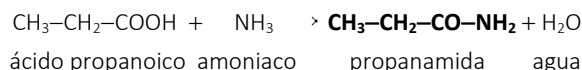
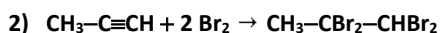
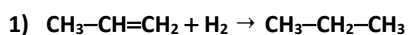
La ecuación ajustada debe quedar con coeficientes enteros:

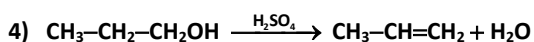
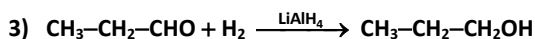
**59. Nombra y representa las fórmulas semidesarrolladas de dos derivados del ácido propanoico (un éster y una amida).**

Un éster es el resultado de una condensación de un ácido carboxílico con un alcohol. Por ejemplo, el **propanoato de etilo**:



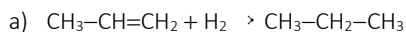
Una amida es el resultado de una condensación de un ácido carboxílico con amoníaco. Por ejemplo, la **propanamida**:

**60. Para las siguientes reacciones:**



a) Nombra los compuestos e indica el tipo de reacción.

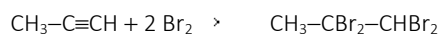
b) Indica los cambios de hibridación que sufren los C.



Reacción de **adición electrófila a doble enlace**.

**propeno**

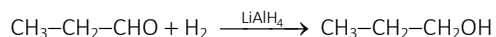
**propano**



Reacción de **adición electrófila a triple enlace**.

**propino**

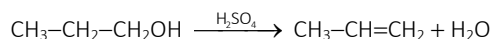
**1,1,2,2-tetrabromopropano**



Reacción de **reducción de cetona a alcohol**.

**propanal**

**propan-1-ol**



Reacción de **eliminación, deshidratación de alcohol**.

**propan-1-ol**

**propeno**

b) En la reacción 1 el cambio de hibridación es **de  $sp^2$  a  $sp^3$** .

En la reacción 2 el cambio de hibridación es **de  $sp$  a  $sp^3$** .

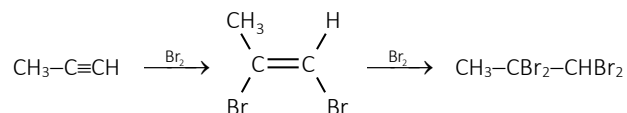
En la reacción 3 el cambio de hibridación es **de  $sp^2$  a  $sp^3$** .

En la reacción 4 el cambio de hibridación es **de  $sp^3$  a  $sp^2$** .

### ACTIVIDADES FINALES (página 322)

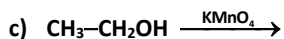
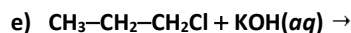
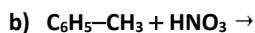
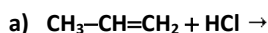
**61.** Explica en qué condiciones la bromación del propino tiene como producto un compuesto que presenta isomería geométrica.

La reacción de bromación del propino es:

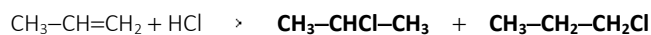


En el segundo paso de la bromación, el compuesto intermedio es 1,2-bromopropeno. Este compuesto presenta isomería geométrica.

**62.** Completa las siguientes reacciones y nombra los sustratos y los posibles productos.



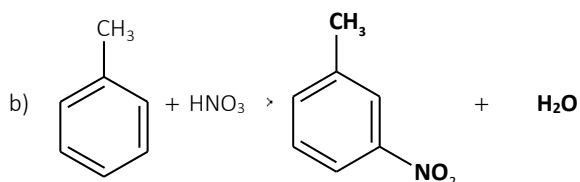
a) Producto principal Producto secundario



**propeno**

**2-cloropropano**

**1-cloropropano**

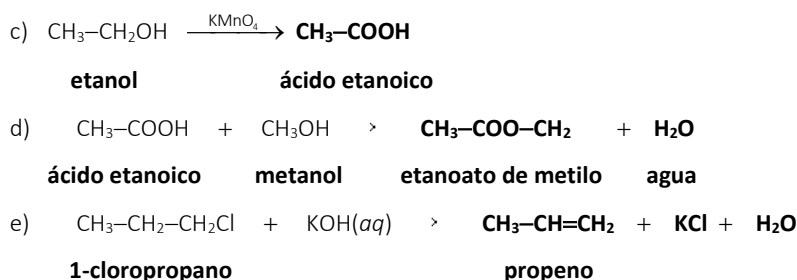


**tolueno**

**m-nitrotolueno**

**agua**





**63. Un alcohol insaturado, de fórmula  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ , se oxida y se obtiene pent-3-en-2-ona. Mientras que al deshidratar el alcohol con ácido sulfúrico produce penta-1,3-dieno.**

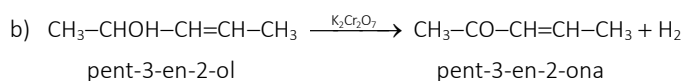
**a) Identifica el alcohol insaturado con nombre y fórmula semidesarrollada.**

**b) Escribe las dos reacciones del enunciado indicando el tipo correspondiente.**

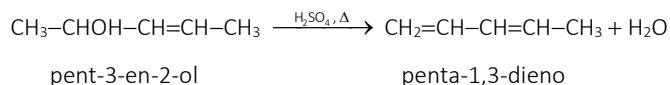
a) Al oxidarse a cetona, el oxígeno del hidroxilo (con hibridación  $\text{sp}^3$ ) forma un enlace simple con el carbono de la cadena. Este átomo de oxígeno ahora es de un grupo carbonilo (con hibridación  $\text{sp}^2$ ) y permanece enlazado al mismo carbono cambiando a doble enlace.

Hay una insaturación en el sustrato entre dos átomos de carbono. La insaturación permanece. Puedes ver que en ambos productos está localizada con el número 3.

El alcohol buscado es el **pent-3-en-2-ol**:  $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH=CH-CH}_3$ .

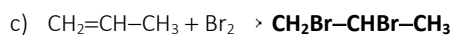
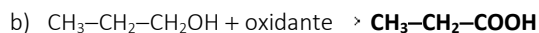
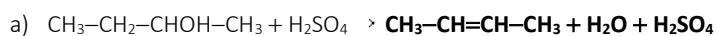
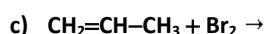
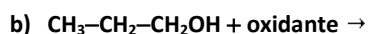


Reacción de **oxidación de alcohol secundario**.



Reacción de **eliminación (deshidratación de alcohol)**. (No se aplica la regla de Sayteff pues sería improbable el producto penta-2,3-dieno. Esto obligaría al tercer carbono a un cambio de hibridación de  $\text{sp}^2$  a  $\text{sp}$ ).

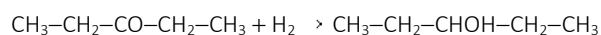
**64. Completa las siguientes reacciones químicas:**



**65. Calcula el volumen de  $\text{H}_2$ , a 62 °C y 2,5 atm, necesario para reducir catalíticamente 21,50 g de pentan-3-ona, nombrando el producto principal obtenido.**

**Dato:  $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .**

Las cetonas mediante reducción catalítica se transforman en alcoholes secundarios. En este caso de la pentan-3-ona se obtiene el **pentan-3-ol**. La ecuación química ajustada de la reacción es:



Halla la masa molar de la pentan-3-ona:

$$M(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}) = 12,01 \cdot 5 + 1,008 \cdot 10 + 16,00 = 86,33 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción, calcula la cantidad de hidrógeno necesario para reaccionar con 21,50 g de pentan-3-ona:

$$n_{\text{H}_2} = 21,50 \text{ g de } \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol de } \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}}{86,33 \text{ g de } \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}} \cdot \frac{1 \text{ mol de } \text{H}_2}{1 \text{ mol de } \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}} = 0,249 \text{ mol de } \text{H}_2$$

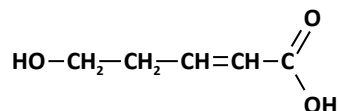
Halla el volumen de hidrógeno usando la ecuación de estado de los gases ideales:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,249 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (62 + 273) \text{ K}}{2,5 \text{ atm}} = 2,74 \text{ L de } \text{H}_2$$

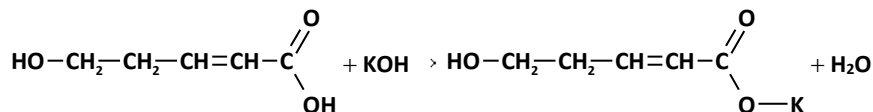
**66.** Identifica los grupos funcionales presentes en el ácido 5-hidroxipent-2-enoico, formula la sustancia y propón los productos más probables de reacción de dicha sustancia con:

- Hidróxido de potasio en exceso.
- Gas cloro.
- Calor en medio ácido.

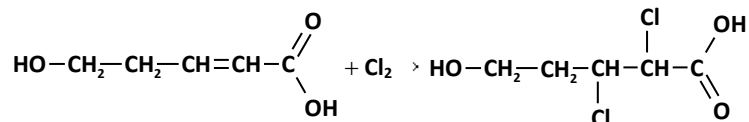
Los grupos funcionales presentes en el 5-hidroxipent-2-enoico son el **grupo alcohol (-OH)** y el **grupo carboxilo (-COOH)**:



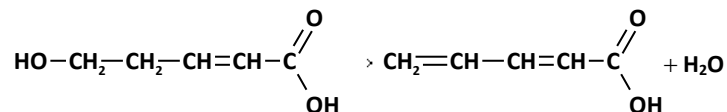
a) Se formará el **5-hidroxipent-2-enoato de potasio** mediante una reacción ácido-base.



b) Se formará el **ácido 5-hidroxi-2,3-dicloropentanoico** mediante una reacción de halogenación.

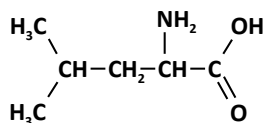


c) Se formará el **ácido pent-2,4-dienoico** mediante la reacción de deshidratación del alcohol.

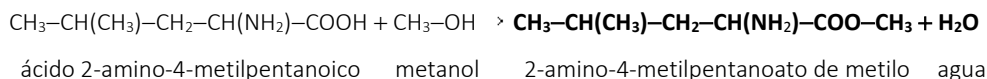


**67.** La leucina es uno de los aminoácidos esenciales. Su nombre sistemático es ácido 2-amino-4-metilpentanoico.

- Escribe su fórmula semidesarrollada.
  - Escribe la reacción de la leucina con el metanol, nombra los productos indicando el tipo de reacción.
- a) La fórmula desarrollada del ácido 2-amino-4-metilpentanoico es:



b) La reacción de la leucina con el metanol es una **reacción de esterificación**:



68. Dados los siguientes compuestos:



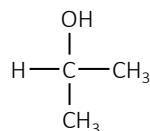
Elige el más adecuado para cada caso:

a) Reacciona con  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$  para dar otro compuesto que presenta isomería óptica.

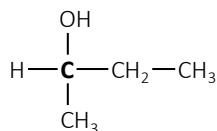
b) La combustión de 2 mol producen 6 mol de  $\text{CO}_2$ .

c) Reacciona con  $\text{HBr}$  para dar un compuesto que no presenta isomería óptica.

a) En una adición a doble enlace para producir alcohol se debe respetar la regla de Markovnikov. Al adicionar agua sobre el propeno, el producto principal debe ser propan-2-ol, que no tiene ningún carbono quiral.

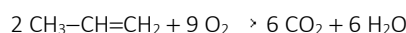


Al adicionar agua sobre el but-2-eno, por la simetría que tiene no se aplica la regla de Markovnikov, el único producto posible es butan-2-ol que sí tiene carbono quiral.

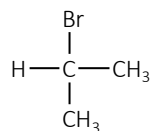


Se debe elegir el **but-2-eno**.

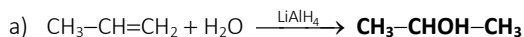
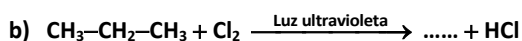
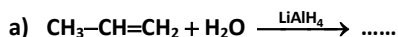
b) En la combustión de un hidrocarburo, los carbonos del  $\text{CO}_2$  solo proceden del hidrocarburo. La proporción que nos dan es  $6/2 \Leftrightarrow 3/1$ . Por eso el hidrocarburo con 3 carbonos es el que buscamos. Por tanto, es el primero, el **propeno**. En la combustión tiene lugar la siguiente reacción:



c) Por un razonamiento similar al del apartado a), ahora será el primer compuesto, el **propeno**, ya que el compuesto resultante debe carecer de carbonos quirales o asimétricos.



69. Completa las siguientes reacciones e indica el tipo de reacción:



Reacción de **adición electrófila a doble enlace** (formación de alcoholes).



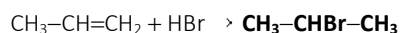
Reacción de **sustitución halogenación de alcanos**.

70. Justifica la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones escribiendo las fórmulas semidesarrolladas de los compuestos.

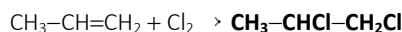
a) La regla de Markovnikov predice que el producto mayoritario resultante de la reacción del propeno con  $\text{HBr}$  es el **1-bromopropano**.

b) La reacción de propeno con cloro molecular produce mayoritariamente **2-cloropropano**.

- a) La regla de Markovnikov indica que el producto principal es aquel en el que los hidrógenos se adicionan al carbono con mayor número de hidrógenos. Por tanto, al reaccionar el propeno con el HBr se obtendrá como producto principal el 2-bromopropeno. La afirmación es **falsa**.



- b) La reacción de propeno con cloro molecular (halogenación) produce mayoritariamente 1,2-dicloropropeno. La afirmación es **falsa**.

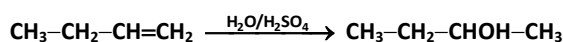


**71.** El but-1-eno se enfrenta para reaccionar con distintos reactivos:  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$  y HBr. Elige en cada caso el reactivo que permite producir:

- Un compuesto que forma enlaces de hidrógeno.
- Un compuesto cuya combustión solo produce  $\text{CO}_2$  y agua.
- Un compuesto que presenta isomería óptica.

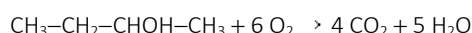
Justifica las respuestas escribiendo las reacciones correspondientes.

- a) Para formar enlaces de hidrógeno necesitamos que en la molécula haya grupos  $-\text{OH}$  o  $-\text{NH}_2$ . Con el reactivo  $\text{H}_2\text{O}$  en medio ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) se adicionan al doble enlace grupos  $-\text{OH}$ . Por la asimetría del but-1-eno, al reaccionar con agua dará lugar al butan-2-ol como producto principal según la regla de Markovnikov. Es un alcohol que presenta enlaces de hidrógeno. La **adición electrófila al doble enlace de  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$** :

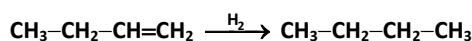


- b) Un compuesto que tras la combustión solo produzca  $\text{CO}_2$  y agua no debe contener nada más que C, H y/o O. No deberías elegir el HBr con but-1-eno.

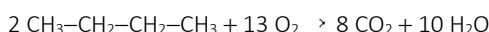
Al adicionar  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$  el producto es butan-2-ol, ver en el apartado anterior. En la combustión genera solo dióxido de carbono y agua según la ecuación:



Al adicionar  $\text{H}_2$  el producto es butano. La **adición electrófila al doble enlace de  $\text{H}_2$** :

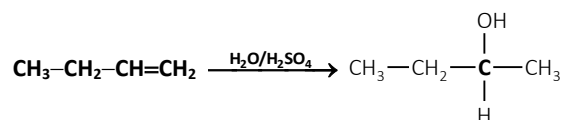


La combustión del butano también produce solo dióxido de carbono y agua según la ecuación:

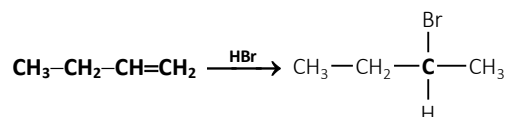


- c) Para conseguir isomería óptica debes conseguir un carbono quiral. Esto es posible si se adiciona al doble enlace un reactivo que procure asimetría, como pueden ser  $\text{H-OH}$  o  $\text{H-Br}$ .

Por la asimetría del but-1-eno, al reaccionar con agua dará lugar al butan-2-ol como producto principal según la regla de Markovnikov. Es un alcohol con un carbono quiral. La **adición electrófila al doble enlace de  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$** :



La reacción de hidrohalegenación del buta-1-eno produce 2-bromobutano, cuyo segundo carbono es quiral o asimétrico. La **adición electrófila al doble enlace de HBr**:



## QUÍMICA EN TU VIDA (página 324)

### INTERPRETA

#### 1. ¿Qué importancia tienen los catalizadores *enantioselectivos*?

Los catalizadores *enantioselectivos* hacen posible que en la reacción se genere solo el isómero deseado, no los dos enantiómeros.

El empleo de este tipo de catalizadores aumenta, por tanto, la selectividad de las reacciones químicas, y tiene aplicación en diversos ámbitos, como la industria farmacéutica, la de los fitosanitarios, la tecnológica, etc.

### USA LAS TIC

#### 2. Busca en la red e investiga sobre el caso de la talidomida, y su relación con los enantiómeros y los catalizadores *enantioselectivos*.

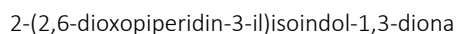
La talidomida es el nombre de un fármaco, comercializado entre los años 1957 y 1963 como tranquilizante y para evitar las náuseas del primer trimestre de embarazo. Este fármaco tuvo efectos muy negativos sobre los fetos, que nacían con graves malformaciones. Nacieron miles de bebés con estas malformaciones congénitas, tanto en Alemania, que fue el país que desarrolló y comercializó la talidomida, como en otros muchos países, entre ellos España.

En los siguientes enlaces se puede obtener más información sobre el caso de la talidomida:

<http://www.elmundo.es/elmundosalud/2013/10/11/noticias/1381494373.html>

[http://elpais.com/elpais/2015/09/27/opinion/1443378621\\_142824.html](http://elpais.com/elpais/2015/09/27/opinion/1443378621_142824.html)

El nombre sistemático de la talidomida según la nomenclatura IUPAC es:



Presenta un carbono quiral, así que hay una pareja de enantiómeros llamados (*R*)-talidomida y (*S*)-talidomida. Uno de ellos, la (*R*)-talidomida, produce el efecto deseado. El otro enantiómero, la (*S*)-talidomida, es el responsable de las malformaciones prenatales. Hoy en día se usa la talidomida gracias a las técnicas de los catalizadores *enantioselectivos* que permiten discriminar el isómero beneficioso del perjudicial, y hacer un uso adecuado del medicamento.

### OPINA

#### 3. ¿Son todas las aplicaciones de un descubrimiento científico siempre beneficiosas?

No todas las aplicaciones de un descubrimiento científico son beneficiosas para la sociedad, depende del objetivo que tengamos al aplicar el nuevo descubrimiento. Siempre, antes de aplicar un descubrimiento científico con un objetivo determinado, hay que prever y comprobar las consecuencias que puede tener esta aplicación sobre la sociedad.

Existen muchos ejemplos de aplicaciones negativas del conocimiento científico, por ejemplo, el desarrollo de la bomba atómica, con consecuencias desastrosas para la humanidad.

Pero la mayoría de las veces, los descubrimientos científicos se aplican en el desarrollo de productos y servicios que mejoran nuestra calidad de vida, y que podemos considerar, por tanto, beneficiosas.

