



Química orgánica

Francisco Recio del Bosque

**Mc
Graw
Hill**

De acuerdo con los estándares del Sistema
Nacional de Educación Media Superior (SINEMS)



Autor: Francisco Recio Del Bosque



Impreso: 9786071514295



VitalSource: Pendiente

DESCRIPCIÓN GENERAL

En *Química orgánica* los conocimientos referidos a la materia se presentan en siete bloques cuyos contenidos teóricos están íntimamente relacionados con la vida cotidiana mediante lecturas, laboratorios, conceptos nuevos, experiencias y ejercicios, con todo ello el estudiante advertirá el grado de comprensión que va obteniendo a lo largo del curso.

Esta nueva edición además de la actualización de los contenidos, incluye las nuevas reglas de nomenclatura de la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Lleva de la mano al lector en temas difíciles (como nomenclatura). Contiene un mayor número de ejercicios y problemas a resolver en la parte final de la obra. Esta sección tiene como objetivo apoyar al docente proporcionando ejercicios que puede asignar como tareas y poderlos utilizar como exámenes. También se incluyen códigos QR que tienen diferentes propósitos como más actividades, artículos con más información.

CONTENIDO

Bloque 1. La química orgánica y el singular elemento carbono

Bloque 2. Hidrocarburos

Bloque 3. Grupos funcionales I: derivados halogenados, alcoholes, aldehídos, cetonas y éteres

Bloque 4. Grupos funcionales II: ácidos carboxílicos, ésteres, halogenuros de ácido y anhídridos

Bloque 5. Grupos funcionales III: aminas, amidas y aminoácidos

Bloque 6. Biomoléculas

Bloque 7. Tecnología química

■ ÍNDICE DE CONTENIDO

BLOQUE 1 La química orgánica y el singular elemento carbono

- 1.1 La química orgánica
- 1.2 El singular elemento carbono
- 1.3 Clasificación de los compuestos orgánicos de acuerdo con su esqueleto de carbono

BLOQUE 2 Hidrocarburos

- 2.1 Alcanos
- 2.2 Alquenos
- 2.3 Alquinos
- 2.4 Compuestos aromáticos

BLOQUE 3 Grupos funcionales I: derivados halogenados, alcoholes, aldehídos, cetonas y éteres

- 3.1 Derivados halogenados
- 3.2 Alcoholes
- 3.3 Aldehídos
- 3.4 Cetonas
- 3.5 Éteres

BLOQUE 4 Grupos funcionales II: ácidos carboxílicos, ésteres, halogenuros de ácido y anhídridos

- 4.1 Ácidos carboxílicos
- 4.2 Ésteres
- 4.3 Halogenuros de ácido
- 4.4 Anhídridos

BLOQUE 5 Grupos funcionales III: aminas, amidas y aminoácidos

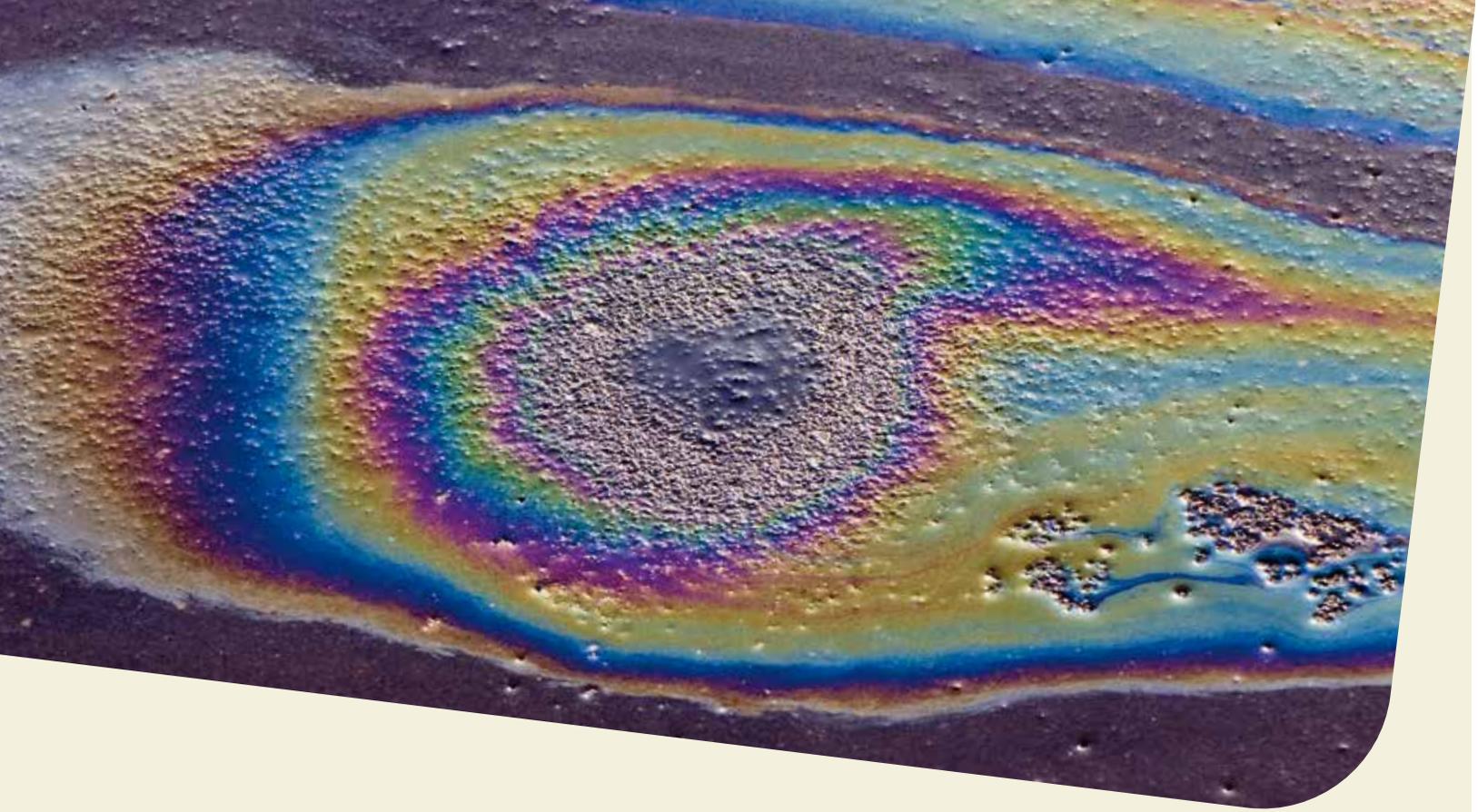
- 5.1 Aminas
- 5.2 Amidas
- 5.3 Aminoácidos

BLOQUE 6 Biomoléculas

- 6.1 Carbohidratos
- 6.2 Lípidos
- 6.3 Proteínas
- 6.4 Ácidos nucleicos

BLOQUE 7 Tecnología química

- 7.1 Productos químicos industriales
- 7.2 Niveles de producción de productos químicos
- 7.3 Procesos químicos
- 7.4 Factores que intervienen en la formación de un producto químico
- 7.5 Fabricación de productos químicos orgánicos



Hidrocarburos

Los hidrocarburos son los componentes principales del petróleo y de los gases naturales. Si has observado el espectro de colores de una mancha

sobre el pavimento, debes saber que es contaminación producida por pequeñas cantidades de gasolina o aceite que gotean de los automóviles.

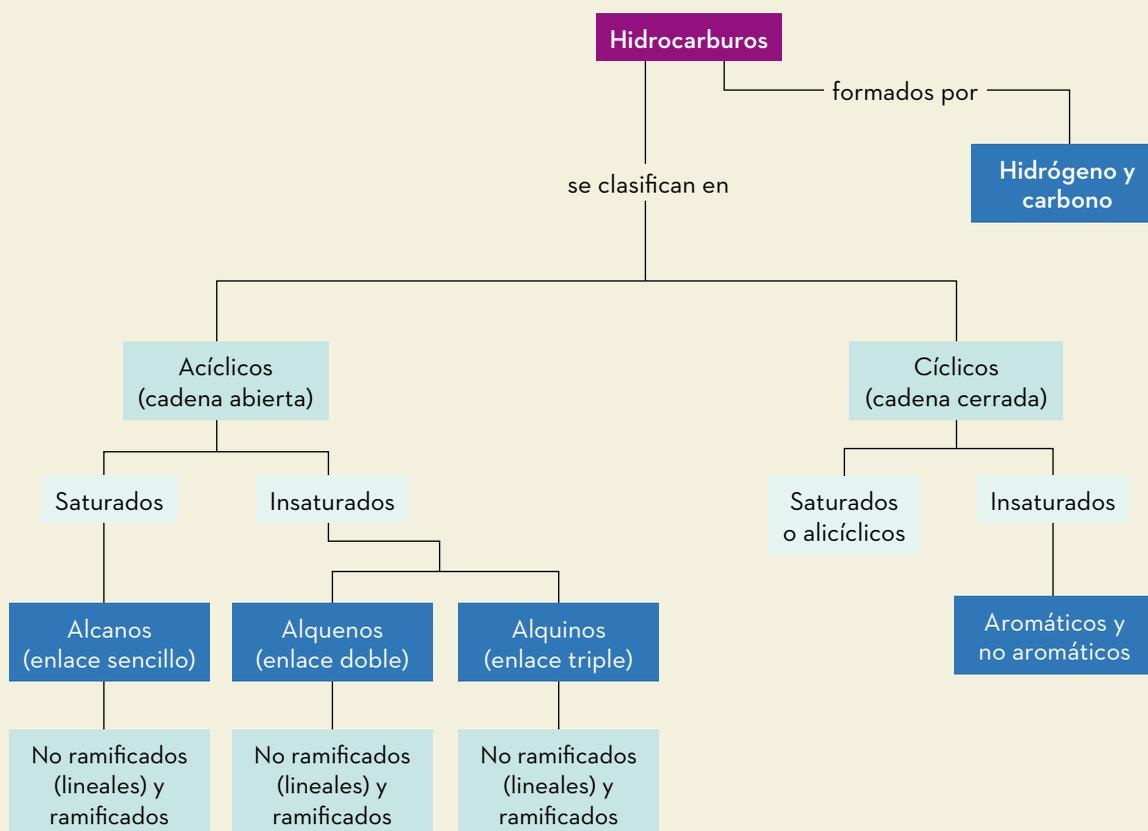
Contenido

- 2.1 Alcanos
- 2.2 Alquenos
- 2.3 Alquinos
- 2.4 Compuestos aromáticos

Objetivo del bloque

- Al concluir el bloque, el alumno conocerá la clasificación de los hidrocarburos, la estructura, la nomenclatura de la IUPAC* y las propiedades de los hidrocarburos saturados e insaturados.

Mapa conceptual del bloque 2



* IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada).



¿QUÉ ES LO QUE SÉ?

1. De acuerdo con el análisis de la palabra *hidrocarburo*, ¿qué elementos forman este compuesto?
2. Cuando los átomos de carbono se unen mediante un enlace doble, ¿cuáles son los tipos de enlace que se forman?
3. ¿En qué objetos se emplea la parafina?
4. ¿Qué representan las estructuras de Lewis?
5. ¿A qué se le llama petróleo crudo?
6. ¿Qué es un oleoducto?
7. ¿Qué número se indica con el prefijo *penta*-?
8. Si $n = 3$, ¿cuál es el valor numérico de la expresión $2n - 2$?
9. ¿Qué gas contienen los encendedores desechables?
10. ¿Cuál es la valencia del átomo de carbono?

Introducción

El carbono es el único átomo que se puede unir con otros átomos de carbono para formar cadenas lineales, ramificadas o en forma de anillo; esto hace posible la existencia de una variedad de compuestos casi infinita.

Los **hidrocarburos** son compuestos orgánicos que, como su nombre lo indica, contienen tan solo hidrógeno y carbono. Además, sus moléculas presentan diferencias estructurales, las cuales determinan sus propiedades físicas y químicas. En este bloque estudiarás este tipo de compuestos.

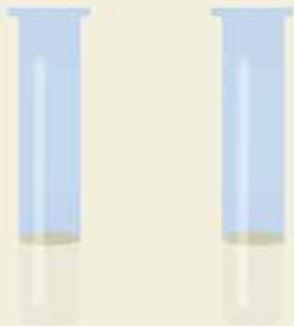


MANOS A LA OBRA

Constituyentes de los hidrocarburos

Material

- 3 tubos de ensayo
- 2 tubos de vidrio de 15 cm cada uno (uno doblado en un ángulo recto a 5 cm de un extremo)
- 1 tapón monohoradado para el tubo de ensayo que contenga la parafina, con un tubo de vidrio de desprendimiento de 15 cm doblado en ángulo recto a 5 cm
- 1 mechero o lámpara de alcohol
- 2 pinzas para tubo de ensayo



Sustancias

- 20 mL de solución de hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ al 20%
- mezcla de 10 g de parafina y 5 g de óxido de cobre (II) (CuO)

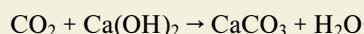
Procedimiento

1. Coloca 10 mL de solución de hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ en un tubo de ensayo y los otros 10 mL en otro tubo, hasta la tercera parte; agregar los 10 g de la mezcla de parafina y los 5 g de óxido de cobre (II) (CuO) en otro tubo de ensayo.
2. Haz una inspiración profunda y aguanta la respiración unos cuantos segundos. Luego expele con lentitud el aire de tus pulmones a través del tubo de vidrio recto, burbujeándolo en uno de los tubos de ensayo con $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

a) ¿Qué color adquiere esta solución?

b) ¿Qué gas se expele fundamentalmente durante el proceso respiratorio?

El dióxido de carbono (CO₂) reaccionó con el hidróxido de calcio [Ca(OH)₂] contenido en el tubo de ensayo, lo que produjo el precipitado blanco, el cual es carbonato de calcio (CaCO₃). De acuerdo con la siguiente ecuación:



3. Toma el tapón que tiene el tubo de desprendimiento y tapa el tubo de ensayo que contiene la mezcla de parafina y el óxido de cobre (II), caliéntalo, luego burbujea el gas que se desprende en el segundo tubo de ensayo que tiene el Ca(OH)₂, como se observa en la figura.



- a) ¿Qué aspecto toma el líquido?

- b) ¿Qué sustancia se formó?

- c) Esto demuestra que el gas que se desprende es

- d) De las sustancias contenidas en el tubo [parafina y óxido de cobre (II)], ¿cuál proporciona el oxígeno para que se forme el dióxido de carbono (CO₂)?

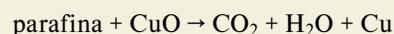
- e) ¿Cuál proporciona el carbono?

- f) Observa la parte superior del tubo que calentaste. ¿Qué se formó?

- g) Para formar agua, el oxígeno se desprende del óxido de cobre (II). ¿Qué sustancia proporciona el hidrógeno?

- h) En conclusión, la parafina es un compuesto formado por _____ y _____.

Las reacciones anteriores se pueden representar de la siguiente forma:



Concepto de hidrocarburo

La parafina es un hidrocarburo. Los hidrocarburos son compuestos formados solo por hidrógeno y carbono.

En los hidrocarburos, los átomos de carbono satisfacen su tetravalencia formando enlaces con átomos de hidrógeno, o bien con otros átomos de carbono, formando cadenas o anillos.

La unión carbono-carbono puede ser sencilla, doble o triple (figura 2.1).

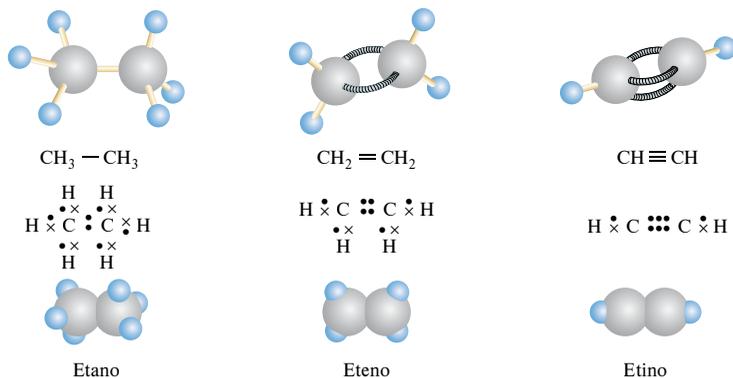


Figura 2.1 Enlaces sencillos, dobles y triples. Dos átomos de carbono pueden compartir uno, dos o tres pares de electrones. En los hidrocarburos saturados, los átomos de carbono solo comparten un par de electrones, mientras que en los insaturados, que contienen enlaces dobles o triples, comparten dos o tres pares. Como un átomo de carbono tiene cuatro enlaces, los hidrocarburos insaturados contienen un número menor de átomos de hidrógeno.



Los términos *saturado* e *insaturado* se originaron antes de que los químicos entendieran la estructura de las sustancias orgánicas. Sabían que algunos hidrocarburos absorbían hidrógeno en presencia de un catalizador. Se decía que la sustancia estaba saturada cuando no reaccionaba con más hidrógeno. En la actualidad se sabe que los hidrocarburos insaturados contienen enlaces dobles y triples, y que reaccionan con hidrógeno para formar enlaces sencillos.

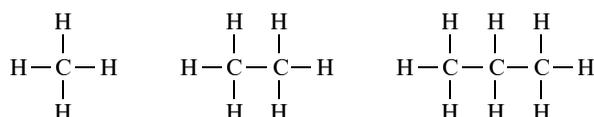
Los hidrocarburos son **saturados** cuando el enlace entre carbono y carbono es sencillo, e **insaturados** o **no saturados** cuando el enlace es doble o triple. Los saturados no admiten más átomos de hidrógeno, mientras que los insaturados sí lo hacen.

Tipos de fórmulas

En la química orgánica se usan varios tipos de fórmulas: *a) desarrolladas*, *b) semidesarrolladas*, *c) condensadas* o *moleculares* y, en la actualidad, también se emplean representaciones taquigráficas o en zigzag.

Fórmulas desarrolladas

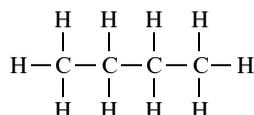
Las **fórmulas desarrolladas** indican en un plano la estructura de la molécula, además representan el modo de agrupación de todos los átomos que las forman, y los enlaces se señalan con guiones, como se muestra en seguida:



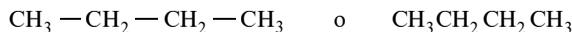
Fórmulas semidesarrolladas

En las **fórmulas semidesarrolladas** cada átomo de carbono y sus átomos de hidrógeno se escriben en forma de grupo, añadiendo subíndices al hidrógeno para indicar el número de átomos de este elemento que se unen con cada carbono.

Así, los enlaces C—H se sobreentienden. Se emplean guiones para representar los enlaces C—C aunque pueden omitirse, por ejemplo, en el caso del butano, un compuesto orgánico formado por cuatro átomos de carbono y diez átomos de hidrógeno (C₄H₁₀) tenemos:



Fórmula desarrollada



Fórmulas semidesarrolladas

Tanto en las fórmulas desarrolladas como en las semidesarrolladas se señala el ordenamiento de los átomos de carbono en la molécula.

Fórmulas moleculares o condensadas

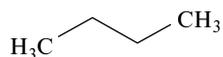
Las **fórmulas moleculares** o **condensadas** muestran solo el número de átomos de carbono e hidrógeno que hay en la molécula, utilizando subíndices. Observa el siguiente ejemplo:



Fórmulas taquigráficas o en zigzag

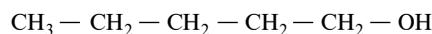
Por último, las **fórmulas taquigráficas** o **en zigzag** son una representación muy simplificada de la fórmula desarrollada, se omite la escritura de los átomos de carbono e hidrógeno. Solo se dibujan líneas en zigzag que representan los enlaces entre los átomos de carbono; tanto los extremos inicial y final de la línea como cada uno de los vértices o picos se deben interpretar como un átomo de carbono con los átomos de hidrógeno necesarios para satisfacer la tetravalencia.

Por ejemplo, en el caso del butano, visto con anterioridad, tenemos que su fórmula en zigzag es:

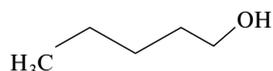


Representación en zigzag o taquigráfica

Los átomos diferentes al carbono e hidrógeno sí deben anotarse, por ejemplo:

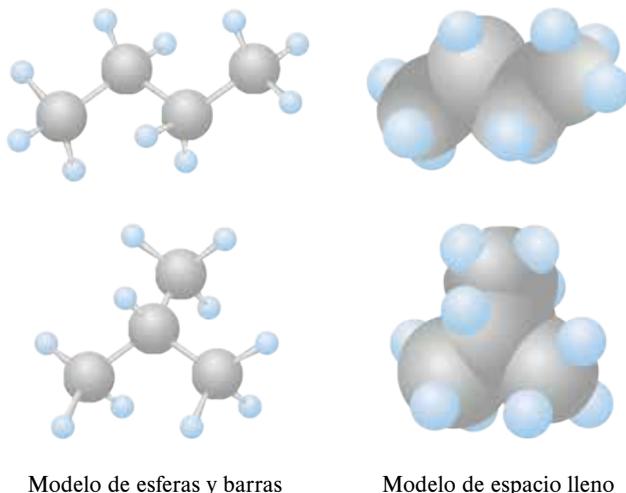


Representación semidesarrollada



Representación taquigráfica

Las moléculas también pueden representarse mediante modelos de esfera y barras, o bien, de espacio lleno (figura 2.2).



Modelo de esferas y barras

Modelo de espacio lleno

Figura 2.2 En química orgánica, adicional a las fórmulas, las moléculas se pueden representar mediante modelos de esferas y barras o de espacio lleno.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.1



En parejas Portafolio de evidencias

Con base en lo que acabas de estudiar, responde la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 3). Luego, compara tus resultados con las de tus compañeros de clase.

2.1 Alcanos

Los átomos de carbono que forman las moléculas de los hidrocarburos saturados de cadena lineal están unidos mediante enlaces sencillos y reciben el nombre de **alcanos**.

Se les llama **normales**, cuando la cadena que forman los átomos de carbono es lineal y no tiene ramificaciones. Es costumbre indicarlo anteponiendo una letra *n* al nombre del alcano:

Con lo anterior, se puede deducir que las moléculas de los alcanos, y en general las de los compuestos orgánicos, son tridimensionales, pues los átomos de carbono se unen formando ángulos (figura 2.3), por lo que la cadena que crean es lineal pero no tiene que ser estrictamente recta (por comodidad se representan en forma recta y bidimensional, ya que se escribe sobre un plano). La representación taquigráfica o en zigzag permite la visualización de los ángulos que forma la cadena de átomos de carbono.

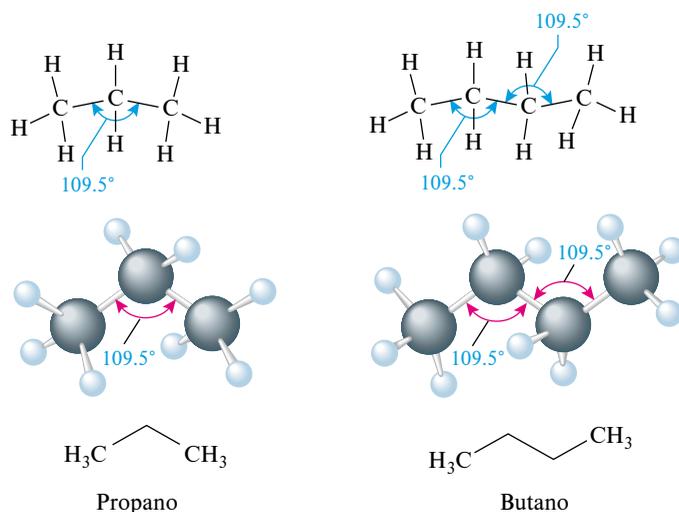


Figura 2.3 Estructura molecular del propano y del butano.

Ya se mencionó que los alcanos son hidrocarburos saturados, pues la tetravalencia del carbono se satisface con hidrógenos u otros átomos de carbono y no absorben ni adicionan otros elementos. Debido a esto no son activos químicamente y, por ello, también se les llama **parafinas**.

Para nombrar los compuestos orgánicos se siguen las reglas emitidas por la IUPAC. Para los hidrocarburos se usan los prefijos numéricos del siguiente cuadro, según el número de átomos de carbono que forman sus moléculas.

Tabla 2.1 Prefijos numéricos

Prefijo	Número de átomos de carbono	Prefijo	Número de átomos de carbono
<i>Met-</i>	1	<i>Tridec-</i>	13
<i>Et-</i>	2	<i>Tetradec-</i>	14
<i>Prop-</i>	3	<i>Pentadec-</i>	15
<i>But-</i>	4	<i>Hexadec-</i>	16
<i>Pent-</i>	5	<i>Heptadec-</i>	17
<i>Hex-</i>	6	<i>Octadec-</i>	18
<i>Hept-</i>	7	<i>Nonadec-</i>	19
<i>Oct-</i>	8	<i>Eicos-</i>	20
<i>Non-</i>	9	<i>Uneicos-</i>	21
<i>Dec-</i>	10	<i>Triacont-</i>	30
<i>Undec-</i>	11	<i>Tetracont-</i>	40
<i>Dodec-</i>	12	<i>Pentacont-</i>	50

LA PALABRA Y SU RAÍZ



Parafina (latín) *parum* poca, *affinis* afinidad.
Poca afinidad.



Figura 2.4 Productoras de metano. Las termitas son una fuente natural de metano. Se calcula que estos insectos producen al año 170 millones de toneladas.

Así, la fórmula semidesarrollada, el nombre y la representación en zigzag de los primeros cinco alcanos se muestran a continuación:

Fórmula semidesarrollada	Nombre	Representación en zigzag
CH ₄	Metano	CH ₄
CH ₃ -CH ₃	Etano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$
CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	Propano	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	Butano	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	Pentano	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$

A los alcanos se añade, al prefijo numérico, la terminación *-ano*.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.2



Individual Portafolio de evidencias

Con base en lo que has estudiado hasta el momento, responde las preguntas 2.2 a 2.5 que aparecen en la segunda parte de tu libro (página 4). Luego, compara tus respuestas con las de tus compañeros de clase.

De acuerdo con las actividades de aprendizaje 2.2, podemos concluir que la fórmula general de los alcanos es la siguiente:



donde n es el número de átomos de carbono.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.3

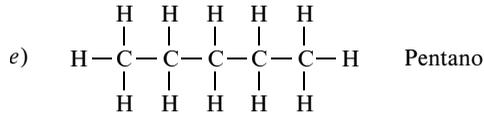
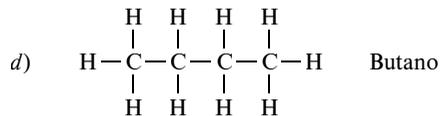
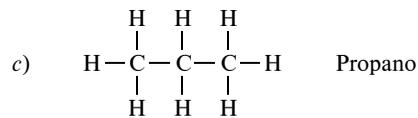
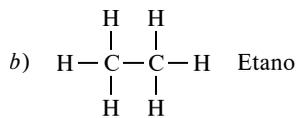
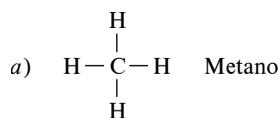


En parejas Portafolio de evidencias

Resuelve la actividad que aparece en la segunda parte de tu libro (página 4). Luego, compara tus respuestas con las de tus compañeros de clase.

Radicales alquilo

Las fórmulas desarrolladas de los primeros cinco alcanos son:





ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.4

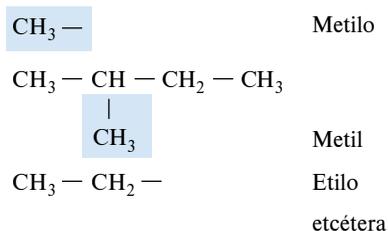


Individual Portafolio de evidencias

Con base en las fórmulas de los radicales alquilo anteriores, resuelve la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 5). Luego, compara tus respuestas con las de tus compañeros de clase.

Si a cada uno de los grupos de átomos anteriores se les quita un hidrógeno, tendrán una valencia libre y se les llama por ello, **radicales**.

Los radicales que proceden de los alcanos se conocen como **radicales alquilo**, y para nombrarlos se sustituye la terminación *-ano* por *-ilo* cuando se encuentran en forma aislada o *-il* cuando se utilizan como sustituyente para asignar el nombre a un compuesto.



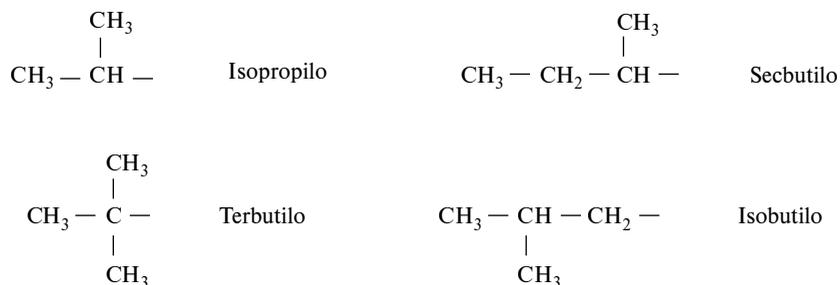
ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.5



Individual Portafolio de evidencias

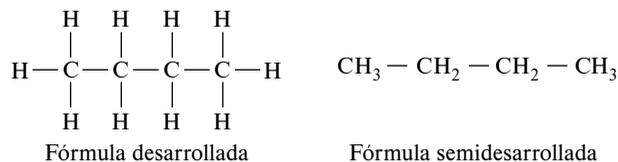
Resuelve la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 5). Luego, compara tus respuestas con las de tus compañeros de clase.

Los radicales se representan, en general, con la letra *R*. Otros radicales de uso común son:



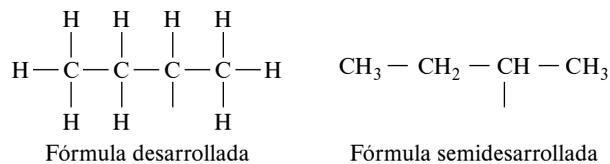
Alcanos de cadena ramificada. Isomería estructural

Observa las fórmulas desarrollada y semidesarrollada que se presentan a continuación:

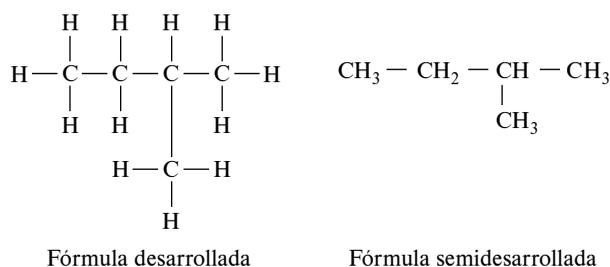


a) ¿Cuál es el nombre del compuesto que representan?

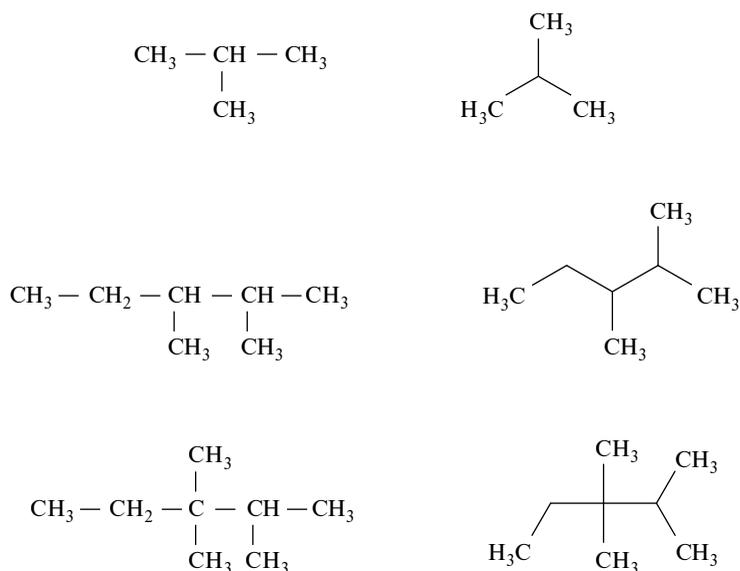
Si de estas fórmulas se elimina un átomo de hidrógeno de un carbono de en medio:



En la valencia libre que queda se podría agregar un radical metilo, como se muestra a continuación:



Esta fórmula representa a un alcano de cadena ramificada; este tipo de alcanos se distingue de los de cadena lineal debido a que la cadena principal de átomos de carbono presenta ramificaciones que son radicales alquilo. Observa los siguientes ejemplos:



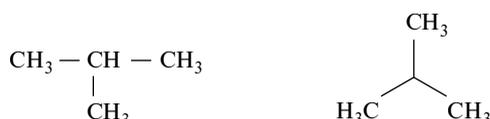
Para nombrar a los alcanos ramificados:

- 1o. Se determina la cadena lineal más larga y en ella se numeran los átomos de carbono, empezando por el extremo en donde esté más próxima una ramificación.
- 2o. Se identifican los radicales que forman las ramificaciones.
- 3o. Se nombran estos radicales en orden alfabético anteponiéndoles los números de los átomos de carbono de la cadena principal a los que están unidos. (Si un mismo

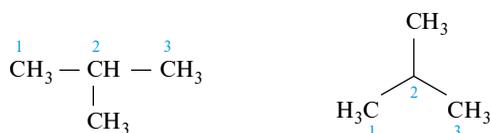
radical se repite dos o más veces, se le agregan los prefijos *di-*, *tri-*, etcétera.) Los prefijos no se toman en cuenta para el orden alfabético.

- 4o. Cuando un mismo radical existe dos o más veces en los carbonos de la cadena lineal más larga, los números que correspondan a dichos átomos se escriben en forma creciente separándolos con comas y un guion para separar los números de las letras.
- 5o. Al final se da el nombre del alcano al que le corresponda la cadena lineal más larga.
- 6o. El nombre del compuesto se escribe todo junto.

Observa el siguiente ejemplo:



La cadena lineal más larga tiene tres átomos de carbono y, en este ejemplo, se puede numerar de izquierda a derecha o de derecha a izquierda, pues el sustituyente está a igual distancia de ambos extremos.



La ramificación está formada por el radical metilo que se une al carbono 2 de la cadena principal.

La cadena lineal más larga pertenece al propano (tres átomos de carbono). El nombre de ese compuesto es:

2-metilpropano



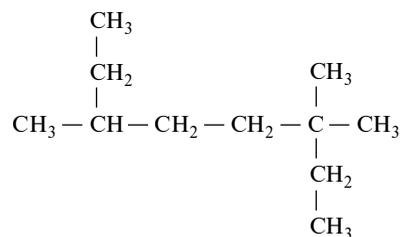
ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.6



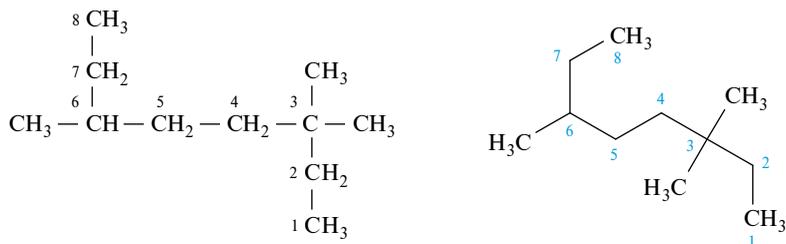
En parejas Portafolio de evidencias

Con base en lo que has revisado hasta el momento, resuelve la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 5). Luego, compara tus respuestas con las de tus compañeros de clase.

Veamos otro ejemplo:



Aquí la cadena horizontal tiene 6 átomos de carbono, pero si la analizas con detenimiento la cadena lineal continua más larga tiene 8 y es la principal.



El nombre del compuesto es:

3,3,6-trimetiloctano



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.7



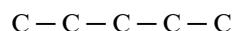
En parejas Portafolio de evidencias

Para reforzar lo aprendido hasta el momento, resuelve la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 7). Luego, compara tus respuestas con las de tus compañeros de clase.

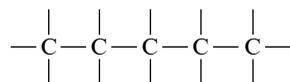
Ahora estudiarás cómo escribir la fórmula condensada o molecular de alcanos de cadena lineal y ramificada a partir de su nombre. Observa los siguientes ejemplos:

a) Pentano

Con el nombre se puede deducir que la molécula contiene 5 átomos de carbono (*pent-*) y que están unidos mediante enlaces sencillos (*-ano*). En seguida se escribe la cadena de carbonos.



Recuerda que el carbono es tetravalente y en la cadena de carbonos, aquellos de los extremos tienen ocupada solo una valencia y los intermedios, dos.

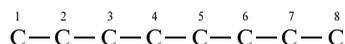


Complementa las valencias libres con hidrógenos para obtener:

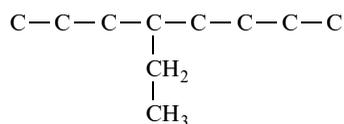


b) 4-etil-2,2-dimetiloctano

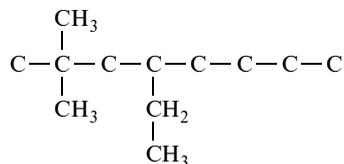
Al final del nombre encuentra la palabra *octano*, esto significa que la cadena principal tiene 8 (*oct-*) átomos de carbono. Se escribe esa cadena numerando los átomos de carbono.



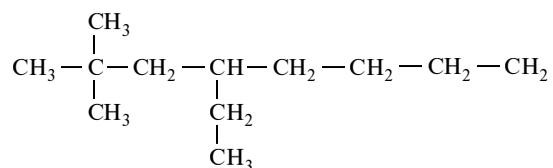
En el carbono número 4 se incluye un radical etilo ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$):



En el carbono 2 se escriben 2 (*di*-) radicales metilo (CH_3 -):



y se completan con hidrógenos los cuatro enlaces de cada carbono, dando el siguiente resultado:



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.8

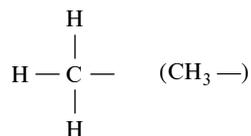


Individual Portafolio de evidencias

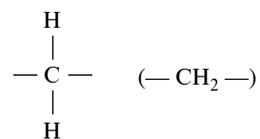
Una vez revisados los dos ejemplos anteriores, responde la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 8). Luego, compara tus respuestas con las de tus compañeros de clase.

Los hidrocarburos vistos en este apartado tienen carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios.

Un carbono es *primario* (1o.) cuando solo tiene un enlace con un átomo de carbono y el resto de sus enlaces son con hidrógeno:



Es *secundario* (2o.) cuando está unido a dos átomos de hidrógeno y dos de carbono:



Es *terciario* (3o.) cuando está unido a tres átomos de carbono:



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.10



Individual Portafolio de evidencias

Responde de manera individual la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 9).

Reflexiona sobre la actividad de aprendizaje anterior y responde lo siguiente:

- a) ¿Representan al mismo compuesto las fórmulas anteriores? ¿Su fórmula molecular es igual?

- b) Estos compuestos son _____

A este tipo de isomería se le llama *estructural*, porque lo único que cambia entre un compuesto y otro es su estructura.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.11



En parejas Portafolio de evidencias

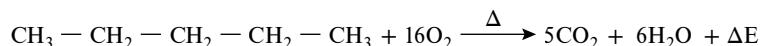
Con base en la conclusión anterior, resuelve con un compañero las actividades de aprendizaje que aparecen en la segunda parte de tu libro (página 10). Luego comparen sus resultados con los de otras parejas del grupo.

Propiedades físicas y químicas de los alcanos

A temperatura ambiente, los primeros cuatro miembros de esta serie son gaseosos; los que tienen de 5 a 16 átomos de carbono son líquidos, y sólidos aquellos que cuentan con 17 o más átomos de carbono en su molécula. Por ejemplo, el hexadecano ($C_{16}H_{34}$) se funde a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los alcanos son incoloros y tienen un olor característico. Su densidad aumenta conforme se incrementa el número de átomos de carbono; lo mismo ocurre con el punto de fusión y de ebullición.

Los alcanos o parafinas son bastante inertes; sin embargo, los que tienen de 1 a 10 carbonos son más activos que el resto. Estos compuestos son combustibles, producen CO_2 y H_2O y liberan gran cantidad de energía térmica.



Los alcanos reaccionan con los halógenos en presencia de luz, formando un hidrácido y derivados halogenados.

Estructura y nomenclatura de los cicloalcanos

Los *cicloalcanos* son hidrocarburos de cadena cerrada, en los que cada eslabón de la cadena es un metileno ($-\text{CH}_2-$). Por esta razón se les nombra también hidrocarburos

polimetilénicos; además, suelen llamarse *cicloparafinas*, ya que sus características son semejantes a las de los alcanos o parafinas.

Para escribir la fórmula desarrollada de los cicloalcanos se pueden dibujar figuras geométricas regulares (triángulo, cuadrado, pentágono, hexágono, etcétera), y escribir en cada vértice un átomo de carbono con dos de sus enlaces ocupados con átomos de hidrógeno.

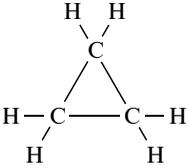
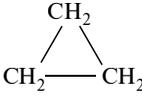
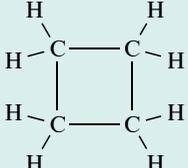
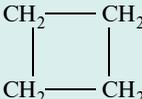
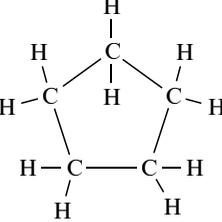
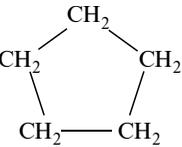
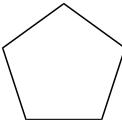
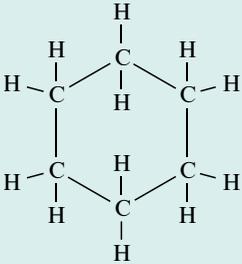
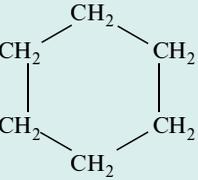
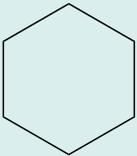
Para nombrar estos compuestos se antepone al nombre del alcano con el mismo número de átomos de carbono el prefijo *ciclo-*.

Observa las fórmulas moleculares:

La fórmula general para los cicloalcanos es:

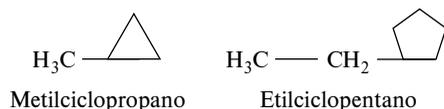


donde n equivale al número de átomos de carbono.

Fórmula estructural completa	Fórmula estructural condensada	Fórmula geométrica simplificada	Fórmula molecular o condensada	Nombre
			C ₃ H ₆	Ciclopropano
			C ₄ H ₈	Ciclobutano
			C ₅ H ₁₀	Ciclopentano
			C ₆ H ₁₂	Ciclohexano

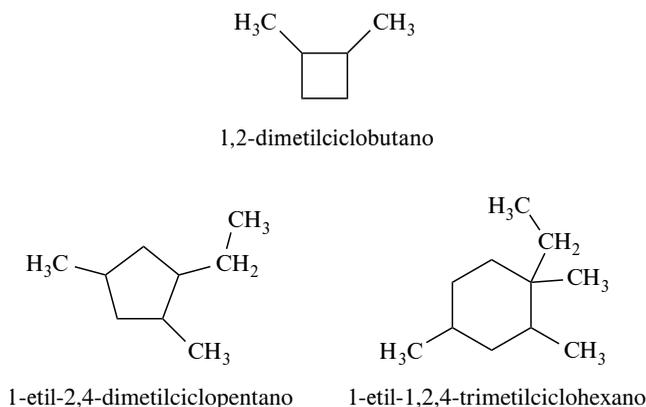
En las fórmulas geométricas se sobreentiende que cada vértice de la figura representa un átomo de carbono unido a dos de hidrógeno.

En los cicloalcanos también pueden existir ramificaciones, y para nombrarlas se siguen reglas sencillas. Si el cicloalcano tiene solo una ramificación, primero se menciona esta y en seguida se da el nombre del cicloalcano.



Cuando existen dos o más ramificaciones deben numerarse los carbonos a los que están unidas.

La numeración se inicia asignando el número uno al radical alquilo que alfabéticamente deberá nombrarse primero y se continúa en un sentido tal que las ramificaciones queden en los átomos de carbono con números más bajos.



Los alcanos en la vida cotidiana

Pregunta a algunas personas si conocen los siguientes alcanos: ciclohexano, decano, 2-metilpropano; lo más probable es que te respondan que no. Los dos primeros forman parte de la gasolina y el tercero, del gas combustible que contienen los encendedores de bolsillo.

La principal fuente de hidrocarburos, entre estos los alcanos, es el petróleo, del que se constituyen en 90%. Los hidrocarburos se obtienen por destilación fraccionada del petróleo crudo.

El petróleo brota en forma espontánea, pero si esto no ocurre es necesario extraerlo con bombas. Cuando se encuentra en los poros de las rocas, se inyecta al pozo agua y un barro especial para que el petróleo suba. Los métodos de perforación pueden ser de rotación o percusión.

Al petróleo así obtenido se le llama *petróleo crudo*, y se almacena en depósitos anejos al pozo en donde se elimina el agua y la arcilla. De estos depósitos se transporta en carros tanque, pipas, barcos o tuberías y, después, previamente calentado en un horno mediante destilación fraccionada, aprovechando sus distintos puntos de ebullición se separan los diversos componentes.

La refinación del petróleo se realiza en *columnas de fraccionamiento*, llamadas así porque de ellas salen, a diferentes alturas, las fracciones que lo forman según su punto de ebullición.

En la tabla 2.2 se mencionan las fracciones que se obtienen del petróleo, el número de átomos de carbono que contienen los hidrocarburos que las forman y la temperatura de ebullición.

La refinación industrial del petróleo comenzó en 1836, para obtener un líquido llamado *queroseno*, muy usado en lámparas. Antes del invento de los motores de combustión interna, el queroseno era la fracción más importante del petróleo.

En la actualidad, debido a que se emplea como combustible para motores, la gasolina es la fracción de mayor demanda.

PARA SABER MÁS



A los cicloalcanos también se les llama *alicíclicos* o *naftenos*, por abundar en la nafta o petróleo del Cáucaso.



Figura 2.6 Encendedor desechable. A pesar de que el butano y el 2-metilpropano a temperatura ambiente y presión atmosférica normal son gases, ambos pueden licuarse a presión alta y en recipientes cerrados. La mayoría de los encendedores desechables contiene uno o ambos compuestos, que son lo suficientemente inflamables como para encenderse mediante una chispa.

LA PALABRA Y SU RAÍZ



Petróleo (latín) *petra* piedra, *oleum* aceite.

El petróleo es un aceite combustible fósil, que se encuentra de forma natural en los estratos rocosos de algunas formaciones geológicas.

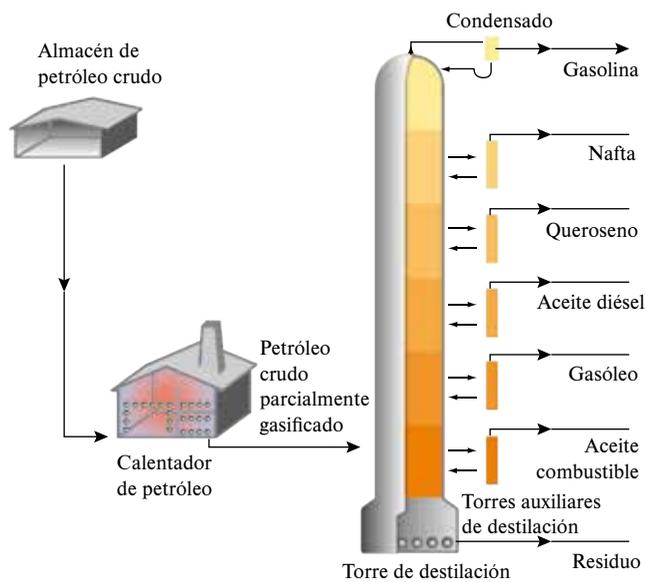


Figura 2.7 Esquema de una planta de destilación primaria.

Tabla 2.2 Fracciones obtenidas del petróleo

Fracción	Número de átomos de carbono	Intervalo de ebullición en °C
Gas	1 a 4	-165 a 30
Éter de petróleo	5 a 7	30 a 90
Naftas ligeras		90 a 110
Gasolina	5 a 12	30 a 200
Queroseno	12 a 16	175 a 275
Aceite volátil, combustible y diésel	15 a 18	275 a 400
Aceites lubricantes, vaselinas	16 a 30	350 a y más
Ceras parafinas	18 a 32	27 a 69
Betún, alquitrán, asfaltos		Residuo
Coque de petróleo		Residuo



INVESTIGA

El significado de las siglas LP, leyenda que se muestra en las pipas distribuidoras de gas doméstico.

Usos comunes de los hidrocarburos

- El metano (CH_4), el etano ($\text{CH}_3\text{—CH}_3$), el propano ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$) y el butano ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$) son gases combustibles empleados con mucha frecuencia para calentamiento.
- Del propano y el butano surge el combustible doméstico.
- El butano y el 2-metilpropano forman el combustible usado en encendedores.
- El pentano, el decano, el hexano y el ciclohexano son algunos de los alcanos que forman la gasolina.
- El éter de petróleo o ligroína se usa como disolvente para el lavado en seco.
- El queroseno es el combustible empleado en los calentadores.
- El diésel se emplea como combustible en motores.
- Los aceites lubricantes y la vaselina se usan como lubricante.
- Las ceras de parafina sirven para hacer velas, cerillos e impermeabilizantes.
- El asfalto es utilizado para pavimentación y recubrimientos.
- El coque de petróleo se usa para elaborar electrodos de carbón.

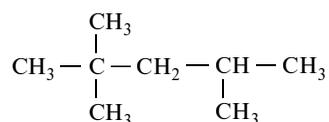
Los alcanos también se usan como disolventes en removedores de pintura y pegamentos, y constituyen la materia prima para elaborar infinidad de compuestos orgánicos sintéticos, como verás más adelante.

Con respecto a las gasolinas, se encontró que cuando están formadas por hidrocarburos lineales (cadena continua sin ramificaciones), se inflaman con demasiada rapidez con pérdida de potencia y daños al motor.

Para obtener un máximo rendimiento de los motores de combustión interna se requiere que el combustible vaporizado se queme de forma gradual al saltar la chispa de la bujía sin que haya detonaciones secundarias (lo que se conoce como “cascabeleo”).

Solo las gasolinas ricas en hidrocarburos de cadena ramificada son de alto rendimiento.

Para medir la eficiencia de las gasolinas, se usó un motor patrón de un cilindro, cuya eficiencia se determinó con heptano puro ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$), al que se le dio un valor de 0 (cero) y después con 2,2,4-trimetilpentano, mal llamado iso octano.



A este se le dio el valor de 100. Después, con diferentes mezclas de estos dos hidrocarburos, se construyó una escala, contra la cual se compara el poder antidetonante de las gasolinas. A este poder se le llama *octanaje*. Así, por ejemplo, si una gasolina tiene octanaje de 85 (“85 octanos”) significa que posee la misma calidad antidetonante que una mezcla de 85% de iso octano y 15% de *n*-heptano.

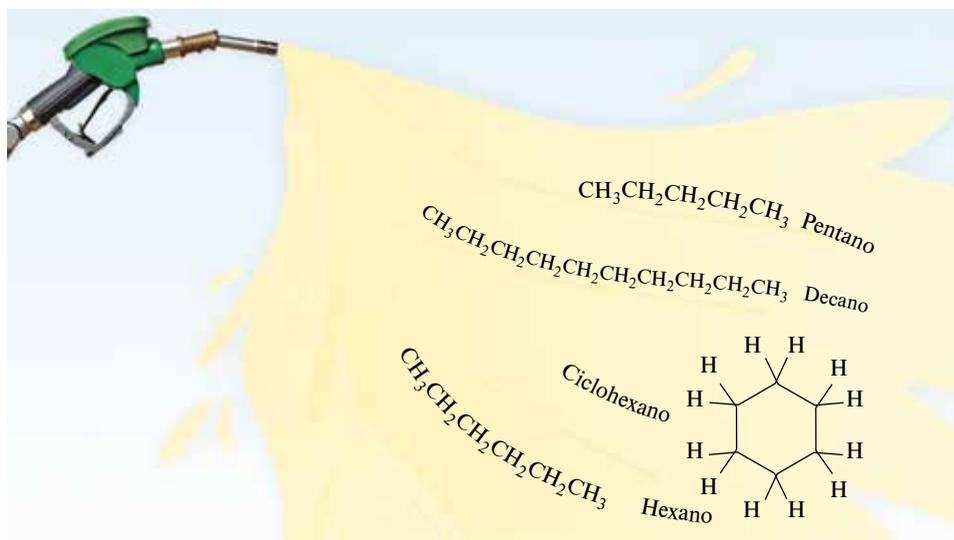
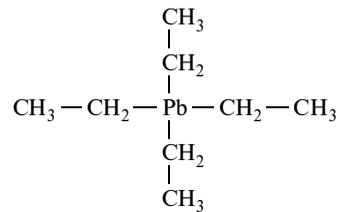


Figura 2.8 Componentes de la gasolina y el índice de octano. La gasolina se clasifica con una escala conocida como índice de octano, que se basa en la forma en que se quema en un motor. Cuanto mayor es el índice de iso octano, mayor es el porcentaje de hidrocarburos de estructura compleja presentes en la mezcla, por lo que la gasolina se quemará de manera más uniforme y el motor producirá menor golpeteo. Así, una gasolina con un índice de octanaje de 92 se quema de manera más uniforme que una con un índice de octanaje de 87.

El poder antidetonante de las gasolinas mejora con aditivos como el tetraetilo de plomo.



INVESTIGA

¿Cuál es el significado del vocablo inglés *crack*?



LA PALABRA Y SU RAÍZ

Pirólisis (griego) *piros* calor, *lisis* ruptura.

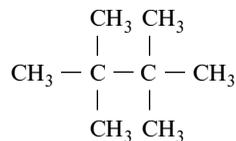
Descomposición de un compuesto químico por acción del calor.

Pero cuando el combustible se quema, el plomo forma un compuesto que incrementa la contaminación del aire. Se han tomado medidas para que los motores de combustión interna trabajen únicamente con gasolina sin plomo.

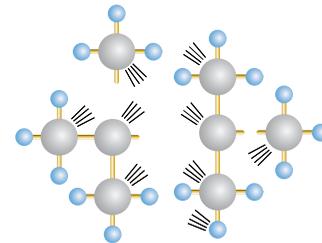
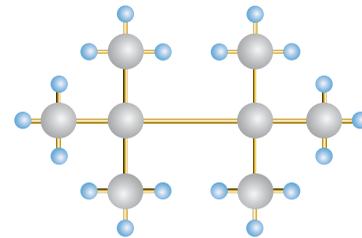
Ahora bien, ya se ha dicho que la fracción del petróleo de mayor demanda son las gasolinas, pero como las obtenidas de la destilación primaria son insuficientes para cubrir la demanda, se aumenta su producción por diferentes métodos, tales como *craqueo*, *isomerización* y *alquilación*, entre otros.

El *craqueo*, llamado también desintegración térmica o pirólisis, consiste en fraccionar las grandes moléculas de los hidrocarburos de peso molecular elevado en otras de menor peso molecular, empleando solo calor y presión, como se muestra a continuación.

1.



2,2,3,3-tetrametilbutano



↓ *Craqueo*



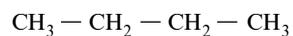
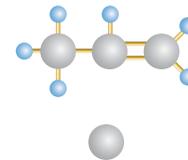
Propeno

+

C

Carbono

+

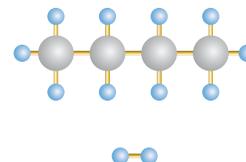


n-butano

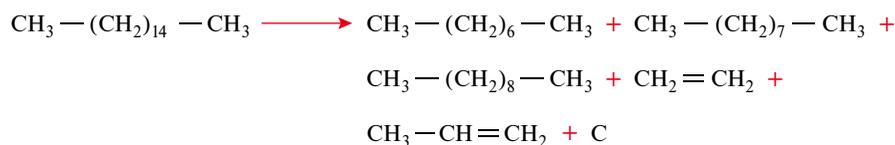
+

H₂

Hidrógeno



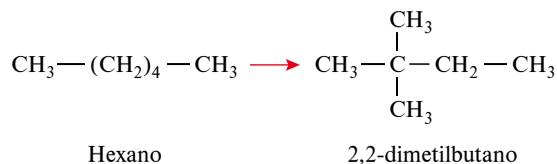
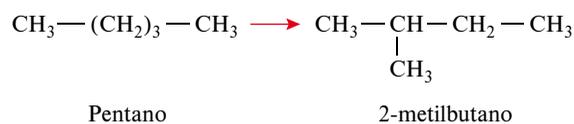
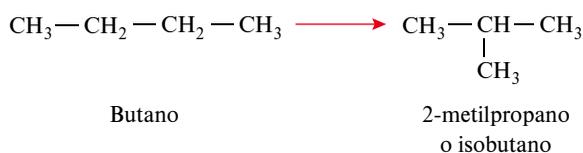
2.



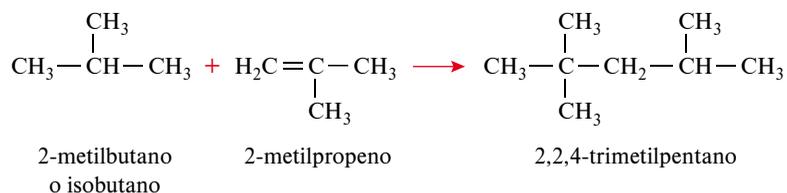
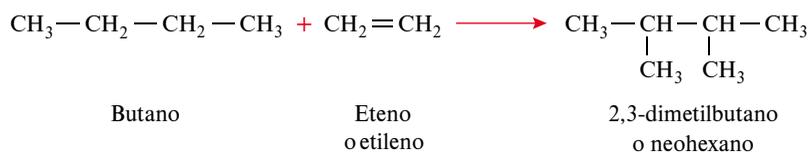
El craqueo catalítico consiste en adicionar un catalizador al petróleo destilable, lo que permite disminuir la presión o la duración de la operación y orientar la descomposición para obtener productos más deseables.

La *isomerización* tiene gran importancia comercial. Consiste en la transformación de una molécula de cadena recta en otra ramificada, y por este procedimiento se obtienen gasolinas de alta calidad (alto octanaje) para aviones y automóviles con motores de alta compresión.

Considera los siguientes ejemplos.



La *alquilación* consiste en la reacción de un alcano con un alqueno para obtener un alcano ramificado con mayores propiedades antidetonantes.



Efectos en el medio ambiente

Por desgracia, algunos factores de explotación y usos del petróleo ocasionan daños al ambiente. Por ejemplo, es inevitable que ocurran derrames de petróleo en el mar, lo que forma una película lustrosa flotante que impide el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el aire y el agua; esto ocasiona que mueran muchos peces y otros organismos acuáticos.

Cuando el combustible derivado del petróleo se quema, se produce una mezcla de gases que contienen dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos cíclicos y otros.

Aunque el dióxido de carbono es un componente normal del aire e indispensable para la fotosíntesis, su exceso depositado en la atmósfera durante largos periodos puede causar un intenso efecto invernadero que altera los factores que regulan la temperatura sobre la Tierra (figura 2.9).

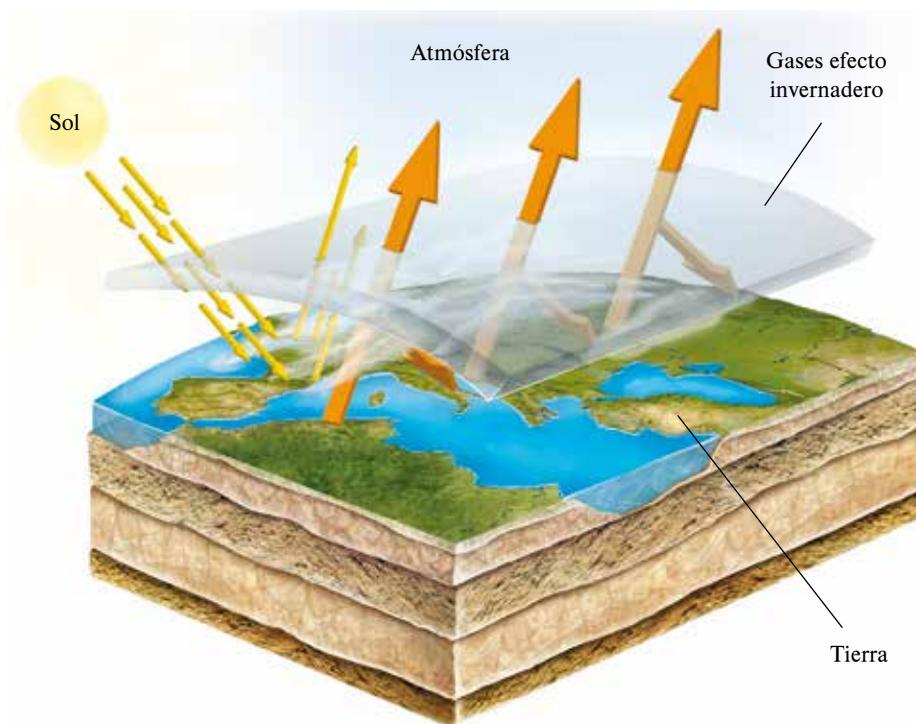


Figura 2.9 *Efecto invernadero.* La energía solar pasa a través de la atmósfera como luz, pero el calor resultante no puede escapar. Además del dióxido de carbono, el vapor de agua y las nubes contribuyen al efecto invernadero. Debido a que el dióxido de carbono es producto de la combustión, su concentración en la atmósfera puede aumentar volviéndola más caliente, con resultados muy peligrosos.

El monóxido de carbono es altamente tóxico, ya que al combinarse con la hemoglobina de la sangre produce un compuesto llamado carboxihemoglobina, que impide que el oxígeno llegue a las células.

Otro efecto de los hidrocarburos cíclicos en el ser humano es que pueden producir cáncer.

La mezcla de los gases desprendidos durante la combustión y el humo producen esmog (humo-niebla) que contiene alrededor de cincuenta compuestos diferentes, los que reaccionan entre sí en presencia de la luz solar para formar otras sustancias tóxicas, además de que irritan los ojos y los pulmones.



LECTURA

El proceso de refinación del petróleo

El petróleo es una mezcla líquida compuesta por numerosos hidrocarburos de color pardo oscuro o verdinegro, que se encuentra enterrado a gran profundidad entre rocas sedimentarias, tanto en tierra firme como en el mar. Para extraer este “oro líquido” se perforan pozos utilizando maquinaria especializada.

La presión del gas natural que acompaña al petróleo le obliga con frecuencia a brotar de modo espontáneo en las perforaciones recién abiertas originando un pozo brotante. Para transportar el petróleo hacia las refinerías se utilizan oleoductos o camiones cisterna.

Al petróleo sin refinar se le denomina *crudo*. Los crudos están compuestos por una mezcla de centenares de hidrocarburos cuya estructura varía del metano, CH₄, hasta compuestos de muy alto peso molecular.

Todos los crudos se someten a destilación fraccionada con el fin de obtener destilados ligeros, intermedios y residuos pesados. De esta manera, se obtienen gasolinas de alto octanaje, combustibles para aviones, diésel y fracciones para la industria petroquímica, pues cada uno pasa a nuevos procesos de destilación y separación, los cuales proporcionan los productos comerciales deseados.

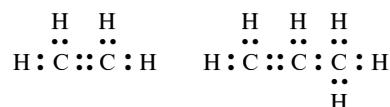
Los productos petroquímicos básicos son óxido de etileno, acetaldehído, benceno, tolueno, xilenos, propano, butano, naftas, etcétera. Estos productos representan en total una producción anual de varios millones de toneladas que son enviadas a plantas de tratamiento más específicas con el fin de obtener polímeros, pesticidas, detergentes, pinturas, perfumes y miles de productos más.

Adaptado de Zárraga, Velázquez, Rojero, Castells, *Química*, México, McGraw-Hill Interamericana Editores, 2004, p. 233.

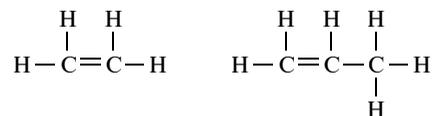
2.2 Alquenos

Los **alquenos** son hidrocarburos insaturados, tienen un enlace doble. Los alquenos también reciben el nombre de *olefinas* por el aspecto aceitoso de algunos de ellos.

Las fórmulas de Lewis para los dos primeros alquenos serían:



Las que en forma desarrollada se representan de la siguiente manera:



En el caso de 2 carbonos unidos por un enlace doble ($\text{C} = \text{C}$), la hibridación de los orbitales atómicos es sp^2 y la unión de un orbital sp^2 con otro sp^2 de dos átomos de carbono, forma un orbital molecular sigma (σ). Asimismo, se crea otro orbital molecular con los dos electrones de las orientaciones p_z , el cual se llama enlace pi (π). Revisa en el bloque 1, el tema “Enlaces sigma (σ) y pi (π)” en la página 11.

Estructura molecular y nomenclatura de los alquenos

Para nombrar a los alquenos se emplean los prefijos numéricos vistos en la tabla 2.1, de acuerdo con el número de átomos de carbono que hay en sus moléculas, pero la terminación *-ano* del alcano se sustituye por *-eno*. Muchos de los alquenos tienen nombres comunes con la terminación *-ileno*.

El primer término de esta serie de compuestos debe tener dos átomos de carbono, para que entre ellos se forme el enlace doble.

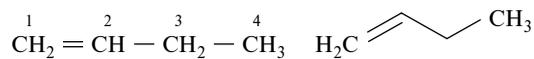


Figura 2.10 Eteno y etileno: son lo mismo. El nombre común del eteno es etileno. Es un compuesto que se encuentra de forma natural como una hormona vegetal. Su función es acelerar la maduración de los frutos y legumbres. Cuando estos aún no maduran se pueden tratar con etileno para que el proceso se realice en menos tiempo, lo que aumenta la eficiencia de la cosecha.

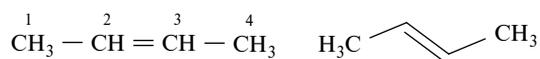
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Eteno (etileno)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	Propeno (propileno)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1-buteno (α butileno)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1-penteno (α amileno)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1-hexeno (α hexileno)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

A partir del alqueno que tiene cuatro átomos de carbono en su molécula (buteno), debe indicarse el número del carbono en donde se localiza el enlace doble.

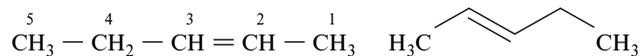
Para numerar la cadena se empieza del extremo en el cual se encuentra más próximo el enlace doble.



1-buteno

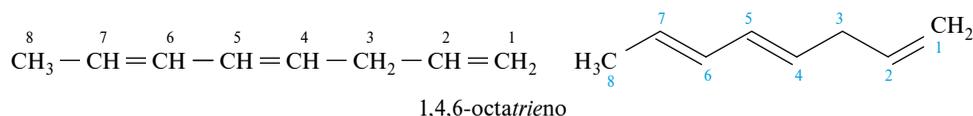
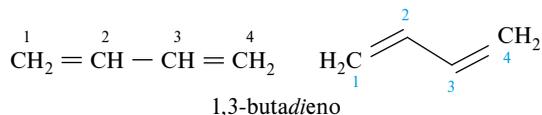


2-buteno



2-penteno

Si hay dos o más enlaces dobles, se anteponen a la terminación *-eno* los prefijos *di-*, *tri-*, etcétera.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.12



Individual Portafolio de evidencias

Con base en lo que has aprendido hasta el momento, responde la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 10).

Reflexiona sobre la actividad de aprendizaje anterior y responde lo siguiente:

¿Qué relación existe entre el número de átomos de hidrógeno y el número de átomos de carbono en cada molécula?

La fórmula general de los alquenos es:



donde n es el número de átomos de carbono.



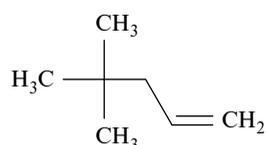
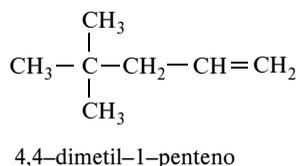
ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.13

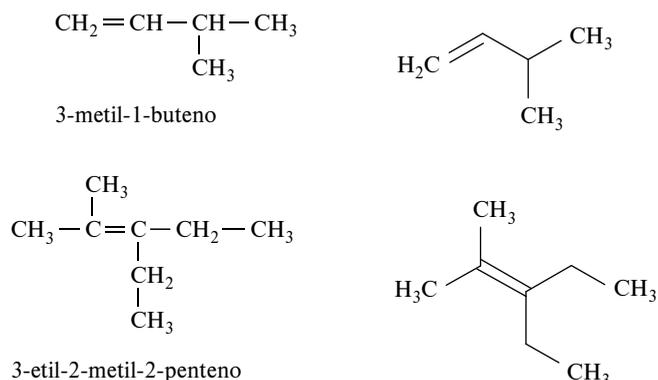


Individual Portafolio de evidencias

Responde la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 11). Luego, compara tus resultados con los de otro compañero.

Si el alqueno tiene ramificaciones, en primer lugar se mencionan estas y al final el tipo de alqueno de que se trate, considerando que el enlace doble se encuentra en la cadena principal. A continuación podrás ver algunos ejemplos:





Isomería de posición y geométrica de los alquenos

Si observas las fórmulas semidesarrolladas de los párrafos anteriores del 1-buteno y del 2-buteno, podrás darte cuenta de que se trata de compuestos diferentes que tienen la misma fórmula condensada o molecular (C_4H_8). Estos compuestos son isómeros.

La isomería, en este caso, recibe el nombre de *isomería de posición* por el cambio de posición del enlace doble en la misma cadena.

La isomería geométrica es aquella que se presenta debido a las posibilidades de acomodar a los átomos enlazados a los carbonos que forman un enlace doble. Este tipo de isomería se puede apreciar solo cuando se hace la representación de las moléculas en el espacio.

Observa las dos fórmulas desarrolladas del 2-buteno ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$) (figura 2.11).

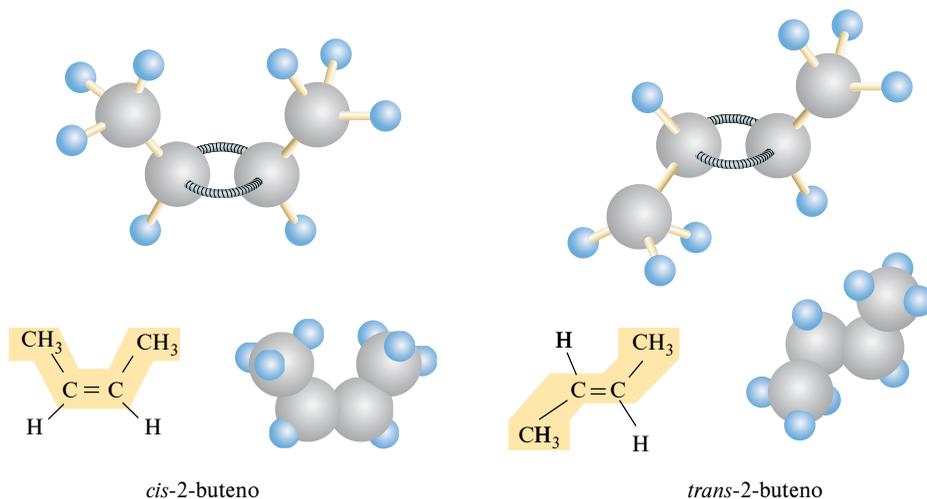
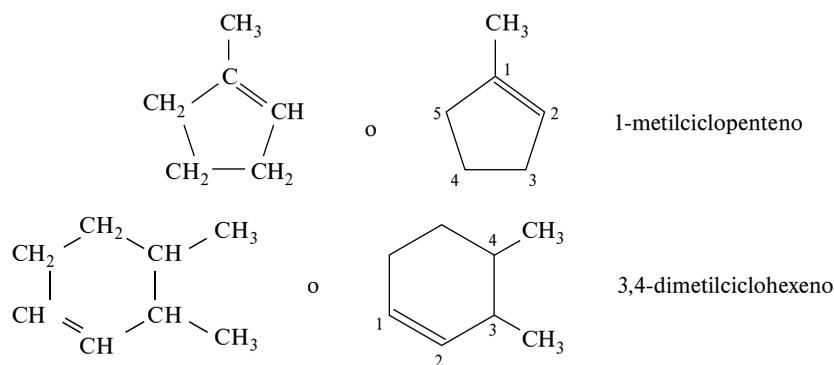


Figura 2.11 Isómeros geométricos. El *cis*-2-buteno y el *trans*-2-buteno son isómeros geométricos. Observa su forma con los modelos de esferas y barras y con los de espacio lleno.

Aunque su nombre es 2-buteno, se trata de dos compuestos distintos: son isómeros geométricos. Esta isomería se debe a que la unión $-\text{C}=\text{C}-$ no puede girar.

Propiedades físicas y químicas de los alquenos

- Los primeros tres compuestos son gaseosos a presión y a temperatura ambiente; los siguientes son líquidos. Los alquenos con más de 16 átomos de carbono en su molécula son sólidos.
- Son insolubles en agua.
- Su densidad, punto de fusión y de ebullición se elevan conforme aumenta su peso molecular.



Es importante mencionar que la numeración del anillo del cicloalqueno, cuando tiene sustituyentes, debe comenzar asignando el número 1 al doble enlace.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.14



Individual Portafolio de evidencias

Ahora practica lo que acabas de aprender y responde la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 11). Luego, compara tus resultados con los de tus compañeros de clase.

Los alquenos en la vida cotidiana

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos, recordarás que ya se han mencionado algunos de los alcanos que la forman. De los alquenos presentes en la gasolina están el 1-hexeno ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$) y el ciclohexeno ()

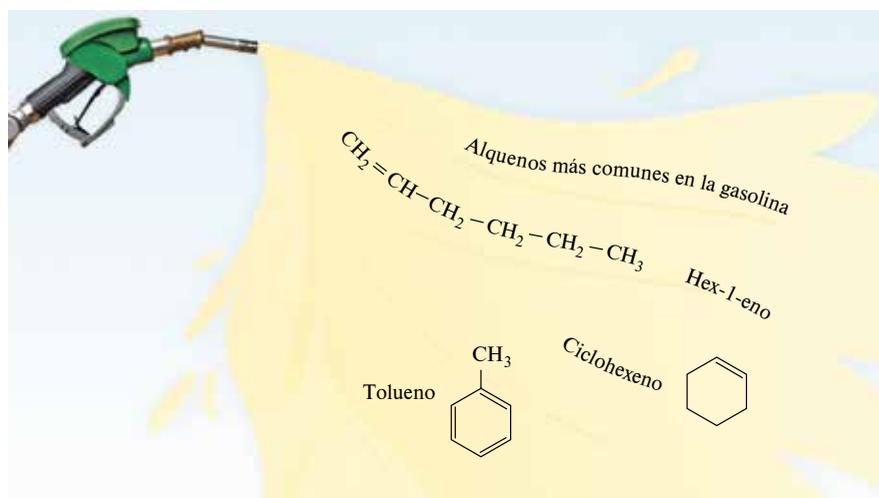


Figura 2.12 Alquenos en la gasolina. En esta figura están dibujados los alquenos que se encuentran con más frecuencia en la gasolina.

Los alquenos constituyen, además, la materia prima para elaborar múltiples productos orgánicos artificiales.

El eteno es un gas que se emplea también para acelerar la maduración de las frutas. El eteno o etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) se utiliza para formar el polímero llamado *polietileno* (figura 2.13).

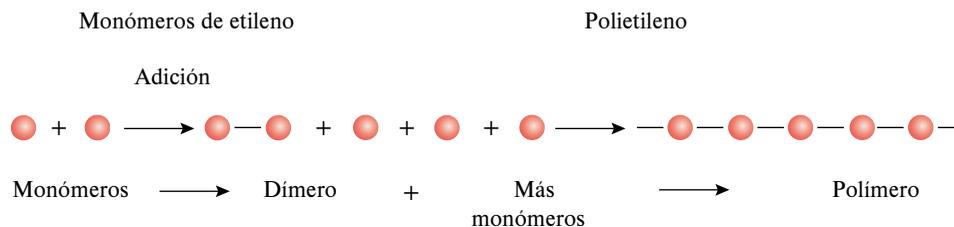


Figura 2.13 Reacciones de adición. Los monómeros de etileno realizan una reacción de adición para formar el polietileno, material que se usa para hacer las bolsas de plástico, y con el que se envuelven los alimentos y las botellas. El par de electrones extra del enlace doble de cada molécula de etileno se usa para formar un nuevo enlace con otro monómero.

Los polímeros están formados por una unidad fundamental a la que se le llama monómero, el que se repite cientos, miles o millones de veces. Si el monómero es de un solo tipo, las macromoléculas reciben el nombre de polímeros y si los monómeros son distintos se les llama *copolímeros*. Si el monómero se repite dos veces, el compuesto resultante es un *dímero*, si se repite tres es un *trímero* y, en general, si se repite pocas veces es un *oligómero*.

Los polímeros tienen propiedades físicas y químicas muy distintas a las de los cuerpos constituidos por moléculas sencillas. Los ácidos, hidróxidos y agentes atmosféricos no los atacan, son resistentes a la ruptura y al desgaste, son elásticos, fáciles de teñir de todos los tonos y colores; su densidad varía entre 0.9 y 1.5. Por todo lo anterior y por su obtención a bajas temperaturas, se pueden fabricar a gran escala.

Debido a su bajo costo, los polímeros han desplazado a otros productos naturales como son los metales, la porcelana, la madera, el hule, la seda y el algodón, entre otros.

Así como se hizo referencia al polietileno, en la figura 2.13, se puede hacer mención al polipropileno, polímero que proviene del alqueno llamado propeno o propileno ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$) que se emplea para fabricar infinidad de artículos que se usan a diario, como cierto tipo de botellas, fibras para tapetes, válvulas, acumuladores, partes de aparatos domésticos, sogas, redes, etcétera.



Si reflexionas un poco te darás cuenta de los beneficios que obtienes al utilizar los artículos plásticos mencionados. Sin embargo, esto se revierte en tu propio perjuicio, ya que al convertirse en basura, los polímeros provocan daños ecológicos graves, pues no son biodegradables; es decir, no se descomponen en otras sustancias que puedan ser asimiladas por microorganismos, y por tanto deben reciclarse.

INVESTIGA



¿Qué productos se fabrican con polímeros?



Reciclaje de plásticos

En los últimos años la mayoría de los productos que se consumen se presentan en envases de material desechable reciclado, como plástico y vidrio. Por ejemplo, los refrescos, el agua, la carne, los lácteos, los vegetales precocidos, en fin, la lista es interminable.

El uso desmedido de estos materiales desechables de plástico y vidrio demanda contar con más terrenos para depositarlos, mismos que ya se están agotando. En muchas partes del mundo estos materiales se reciclan. Por desgracia, el reciclaje del plástico es más complicado que el de la mayoría de los otros materiales.

La gente separa la basura en diferentes categorías: desperdicios, papel, vidrio y plástico. Los desperdicios y el papel son biodegradables y el vidrio puede volver a usarse.

En los basureros se encuentran, por lo común, cinco tipos de plásticos. Estos son el polietileno, tanto de baja como de alta densidad, el politereftalato de etileno, el poliestireno, el policloruro de vinilo y el polipropileno.

El **polietileno** es el plástico de mayor uso. El polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) se usa en recipientes rígidos, como son las botellas para jugos y para aceites domésticos y aceites para automóviles. El polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés) se emplea para fabricar películas y bolsas de plástico.

El **politereftalato de etileno**, llamado PET (por sus siglas en inglés), se encuentra en recipientes rígidos, en especial para bebidas gaseosas. El **poliestireno** (PS, por sus siglas en inglés) es más conocido como una espuma, en forma de platos, vasos y recipientes para alimentos, aunque en forma rígida se usa para hacer cuchillos de plástico, tenedores y cucharas.

El **policloruro de vinilo** (PVC, por sus siglas en inglés) es un plástico duro que se usa en tuberías y en la construcción. También se encuentra en los recipientes para champús, aceites y productos domésticos. Por último, el **polipropileno** (PP, por sus siglas en inglés) tiene una gran variedad de usos, desde empaques de una ración para alimentos hasta estuches para baterías o el forro de los pañales desechables.

A esta variedad de plásticos se les han asignado códigos con números y siglas (en inglés) para ayudar a la gente a distinguir los plásticos y uniformar la comunicación. Los códigos resultan útiles para ordenar los plásticos y tomar una decisión respecto al método para reciclarlos. Además de contar con una composición química diferente, cada tipo de plástico tiene distintas propiedades físicas, lo que determina su uso.

Los plásticos para reciclar. Las botellas de refrescos de PET, así como los recipientes para leche y las botellas de agua de HDPE reciben la mayor atención porque son los que se recolectan y se separan con mayor facilidad. Las botellas de PET llevan otro proceso de reciclaje porque están hechas de varios materiales. Solo el cuerpo de la botella es de PET. La base es HDPE, el tapón es de otro tipo de plástico o de aluminio y la etiqueta tiene adhesivos. Las botellas se cortan y se trituran en trozos muy pequeños para ser procesados. Los adhesivos se eliminan con detergentes fuertes. El HDPE, que es más ligero que el PET, se separa de él en agua porque uno se hunde y el otro flota.

El aluminio se separa electrostáticamente. Lo que queda son pequeños trozos de plástico, que se venden a los fabricantes, quienes los procesan para hacer otros plásticos. Sin embargo, se ha prohibido el uso de plástico reciclado en los recipientes para alimentos, lo que ha limitado su mercado.

Código	Material
PET	Politereftalato de etileno
HDPE	Polietileno de alta densidad
PVC	Policloruro de vinilo
LDPE	Polietileno de baja densidad
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
EPS	Espuma de poliestireno

Adaptado de Phillips, Strozak, Wistrom, *Química. Conceptos y aplicaciones*, 2a. ed., México, McGraw-Hill Interamericana, 2007, p. 659.

2.3 Alquinos

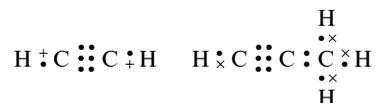
Los hidrocarburos no saturados que tienen un enlace triple reciben el nombre de **alquinos**. A estos compuestos también se les llama *acetilénicos*, ya que al primer término de esta serie se le da el nombre común de acetileno (figura 2.14).

Los alquinos se caracterizan porque en su molécula hay, cuando menos, dos átomos de carbono unidos con un enlace triple.

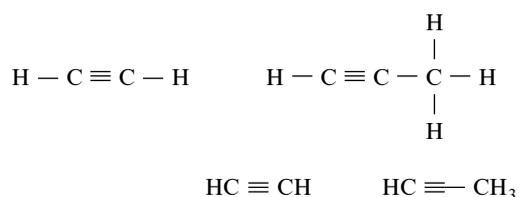


Estructura molecular y nomenclatura de los alquinos

Las siguientes fórmulas de Lewis muestran los dos primeros alquinos:



Estos compuestos se representan con fórmulas desarrolladas de la siguiente manera:



En el etino $CH \equiv CH (C_2H_2)$, la hibridación de los orbitales de los átomos de carbono es sp y la unión entre carbono y carbono con orbitales sp es un enlace sigma. Para formar los otros dos enlaces, intervienen los electrones libres que hay en las orientaciones p_y y p_z , que formarán dos orbitales moleculares pi (π).

Para nombrarlos se procede de igual forma que en los alquenos, pero se sustituye la terminación *-eno* por *-ino*.

$CH \equiv CH$	Etino (acetileno)	$HC \equiv CH$
$CH \equiv C - CH_3$	Propino (metilacetileno)	$HC \equiv - CH_3$
$CH \equiv C - CH_2 - CH_3$	1-butino (etilacetileno)	$HC \equiv - CH_2 - CH_3$
$CH \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-pentino (<i>n</i> -propilacetileno)	$HC \equiv - CH_2 - CH_2 - CH_3$
$CH \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-hexino (<i>n</i> -butilacetileno)	$HC \equiv - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$



Figura 2.14 Gas acetileno ardiendo. El acetileno se forma por la reacción de carburo de calcio, CaC_2 , con agua en el matraz.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.15



Individual Portafolio de evidencias

Responde la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 12) y compara tus resultados con los de otro compañero de clase.

Si observas las fórmulas, podrás darte cuenta de que en cada una de ellas el número de átomos de hidrógeno es el doble del de átomos de carbono menos dos.

La fórmula general de los alquinos es:



En estos compuestos también se presenta la isomería de posición.

Por ejemplo:



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.16



Individual Portafolio de evidencias

Responde la actividad de aprendizaje que aparece en la segunda parte de tu libro (página 12) y compara tus resultados con los de otro compañero de clase.

Si en la molécula hay dos o más enlaces triples, se anteponen a la terminación *-ino* los prefijos *di-*, *tri-*, etcétera.

Observa los siguientes ejemplos:

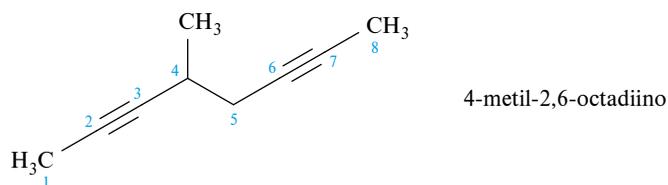
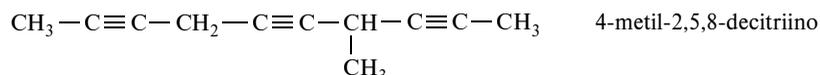


Figura 2.15 Observación del etino. Cuando está combinado con un exceso de oxígeno, el etino arde con una flama caliente. Por ello se utiliza en los sopletes para soldar o cortar metales.

Propiedades físicas y químicas de los alquinos

- Los tres primeros alquinos son gaseosos en condiciones normales; del cuarto al decimoquinto son líquidos, y sólidos a partir del compuesto que tiene 16 átomos de carbono.
- Sus puntos de fusión y ebullición son más elevados que los de los alquenos correspondientes.
- Su densidad se incrementa conforme aumenta su peso molecular.
- Al igual que los alquenos, presentan reacciones de adición.

Los alquinos en la vida cotidiana

Al primer alquino de esta serie, llamado etino o acetileno, se le encuentra en el soplete oxietilénico, que se utiliza en la soldadura y corte de metales.

El etino es muy importante en los procesos de elaboración de productos sintéticos, como son hules, cueros artificiales, plásticos, entre otros.

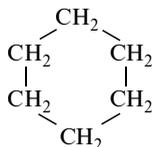
2.4 Compuestos aromáticos

Antiguamente a los hidrocarburos cíclicos insaturados que desprendían ciertos olores agradables se les clasificaba dentro de la familia de compuestos aromáticos (figura 2.16).

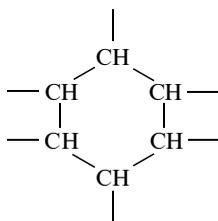
En la actualidad se le llama *compuesto aromático* al que tiene un anillo de benceno y cuenta con características químicas similares a este.

Estructura y representación del benceno

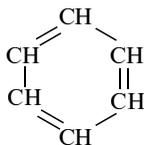
Si de cada uno de los átomos de carbono de la molécula del ciclohexano



se elimina un átomo de hidrógeno



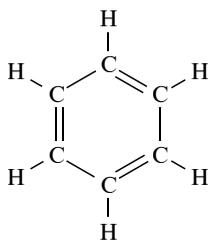
y los carbonos se unen con enlaces dobles en forma alternada, quedaría como se muestra en seguida:



Este compuesto recibe el nombre de *benceno* y es el más importante de los hidrocarburos cíclicos insaturados.

El **benceno** es un líquido volátil, incoloro e inflamable; es insoluble en agua y menos denso que ella. Se disuelve en alcohol, acetona, éter y otros disolventes orgánicos. Es de olor fuerte no desagradable, hierve a 80.1 °C y se funde a 5.4 °C.

Para representar la molécula de benceno se han propuesto varias estructuras. Por mucho tiempo la más aceptada fue la de Kekulé (1825-1896):



Esta estructura ha sido refutada, ya que su estructura de enlaces dobles alternados daría un compuesto inestable, lo que contrasta con la gran estabilidad química del benceno. Además, esta estructura tendría por consecuencia que, de sustituirse dos hidrógenos de dos carbonos continuos, por ejemplo, por un metilo, se obtuviesen dos isómeros, como se muestra a continuación.

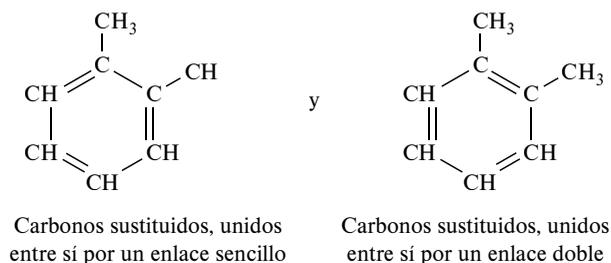


Figura 2.16 Compuesto aromático. La canela es un hidrocarburo aromático.

PARA SABER MÁS



La hulla es el combustible fósil formado por los restos de plantas que quedaron enterrados bajo el agua y se vieron sometidos a gran presión a medida que se conformaron las capas de lodo. Este combustible se encuentra en abundancia en Estados Unidos, y se obtiene en minas profundas o superficiales. La hulla está constituida, en su mayoría, por carbono, además de muchas impurezas minerales. Su uso principal es como combustible y fuente de hidrocarburos aromáticos.



Esta isomería, en realidad, no existe: todos los carbonos del benceno son equivalentes.

Recuerda que en un enlace doble existe un enlace sigma (σ) y un orbital pi (π). Se ha aceptado, para explicar la estabilidad química del benceno y la equivalencia de sus enlaces carbono-carbono, que los electrones de los orbitales pi (π) se encuentran deslocalizados, es decir, son compartidos por todos los átomos de carbono del benceno.

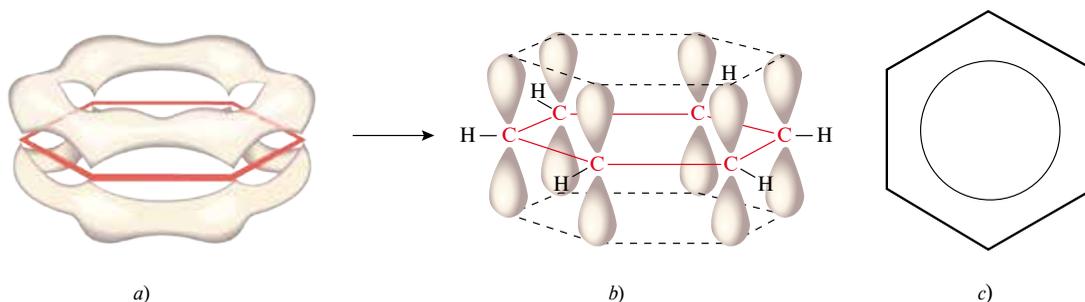
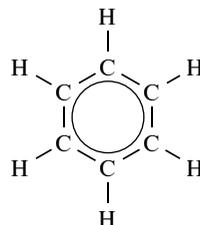


Figura 2.17 La estructura del benceno. a) La molécula del benceno, plana, se representa por medio de nubes de electrones pi compartidos por arriba y por abajo del plano del anillo. b) El diagrama hexagonal es una representación abreviada más exacta. En este hexágono cada ángulo representa un átomo de carbono. c) El círculo en el centro de la estructura simboliza la nube de seis electrones pi que son compartidos de igual forma por los seis átomos de carbono de la molécula.

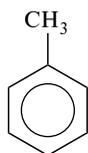
Se sobreentiende que en cada vértice del hexágono hay un átomo de carbono unido a dos átomos de carbono y uno de hidrógeno:



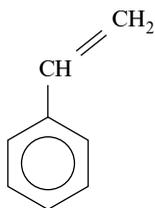
Nomenclatura de la IUPAC para los derivados mono, di y tri sustituidos del benceno

Para nombrar a los derivados monosustituidos del benceno se indica el nombre del sustituyente seguido de la palabra benceno. De acuerdo con la IUPAC, en primer lugar se da el nombre de fenil, que es el radical que se obtiene al eliminar un átomo de hidrógeno al benceno, en seguida se nombra el hidrocarburo del que proviene el sustituyente.

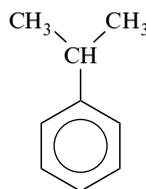
Los nombres comunes no siguen ninguna regla.



Fenilmetano (IUPAC)
Tolueno (común)
Metilbenceno (aceptado)

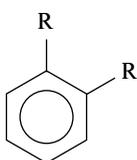
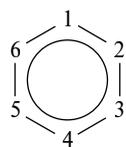


Fenileteno (IUPAC)
Estireno (común)
Vinilbenceno (aceptado)

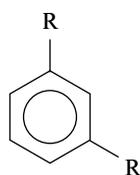


Fenilisopropano (IUPAC)
Cumeno (común)
Isopropilbenceno (aceptado)

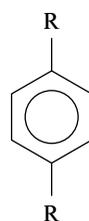
Cuando hay dos sustituyentes en el anillo bencénico, se pueden formar tres isómeros estructurales. Para nombrarlos se numeran los carbonos del anillo de benceno y, en forma común, a la posición 1,2 se le llama *orto* (o), a la 1,3 *meta* (m) y a la 1,4 *para* (p).



1,2 *orto* (o)

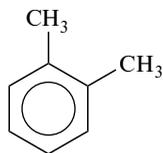


1,3 *meta* (m)

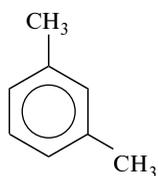


1,4 *para* (p)

Cuando hay radicales alquilo u otros grupos como sustituyentes, los carbonos del benceno se numeran empezando en el carbono al que están unidos los radicales; se jerarquizan de los más sencillos a los más complejos. Los ejemplos siguientes ilustran lo anterior.



1,2-dimetilbenceno
o-dimetilbenceno
o-xileno

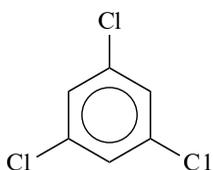


1,3-dimetilbenceno
m-dimetilbenceno
m-xileno

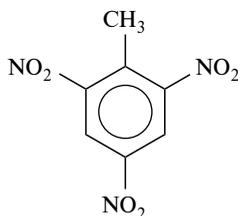


1,4-dimetilbenceno
p-dimetilbenceno
p-xileno

Para los derivados trisustituídos se numera el anillo bencénico:



1,3,5-triclorobenceno



2,4,6-trinitrotolueno

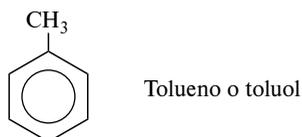
El benceno y sus derivados en la vida cotidiana

El benceno es el principal representante de los compuestos aromáticos. Se obtiene mediante la destilación fraccionada de alquitrán de hulla y se emplea como disolvente de resinas, grasas y aceites; es tóxico y resulta peligroso estar expuesto a sus vapores.

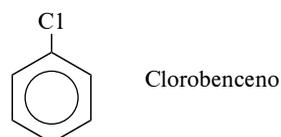
La importancia del benceno radica en la enorme cantidad de sus derivados. Se considera materia clave en la industria química, ya que se emplea para producir detergentes, materias colorantes, insecticidas, productos farmacéuticos, plásticos, perfumes, entre otros.

Entre sus derivados se mencionan los siguientes:

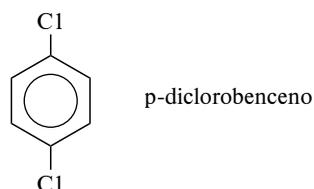
- a) El *tolueno*. También se llama *metilbenceno* o *fenilmetano*, y se emplea en la fabricación de explosivos y colorantes.



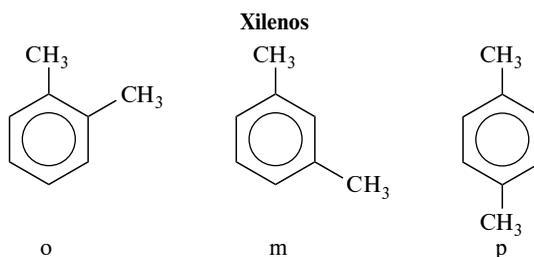
- b) El *clorobenceno* o *cloruro de fenilo* es un líquido incoloro de olor agradable, se emplea en la fabricación del fenol y del DDT.



- c) El *paradichlorobenceno* es un sólido blanco muy volátil que se emplea en veterinaria para elaborar ungüento antiséptico y antiparasitario, además de que se usa para combatir plagas agrícolas, contra la polilla, para conservar pieles y para elaborar pastillas desodorantes de sanitarios, entre otros usos.



- d) Los *xilenos* o *dimetilbencenos* se emplean como disolventes y en la fabricación de colorantes y lacas.



- e) Al *naftaleno* se le conoce como naftalina; se emplea en la fabricación de germicidas y parasiticidas y también se usa para combatir la polilla.





LECTURA

Las termitas y el naftaleno

Hace muchos años las mujeres conservaban sus mejores prendas de vestir en cajas cerradas, en las cuales colocaban bolitas de naftalina, producto químico empleado para evitar que la polilla dañara sus prendas de lana.

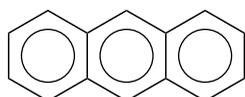
Pero, ¿cómo surge esta sustancia? Se desconoce el origen del naftaleno, quizá sea un metabolito de alguna fuente alimenticia de las termitas o se produzca a partir del cartón por organismos presentes en el nido. Las termitas son insectos que además de primitivos, son considerados destructivos.

Greg Henderson y Jian Chen, del Centro Agrícola de la Universidad Estatal de Louisiana, en Baton Rouge, Estados

Unidos, observaron que las termitas de Formosa son inusualmente resistentes al naftaleno. De hecho, estos insectos construyen sus galerías subterráneas a partir de madera masticada y pegada con saliva y excremento. Este “pegamento” (llamado *cartón*) contiene cantidades significativas de naftaleno, el que se evapora y permea el aire de los túneles. Sin importar la fuente del naftaleno, este interesante ejemplo indica de qué manera algunos organismos emplean la química para protegerse a sí mismos.

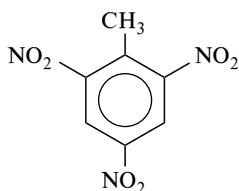
Adaptado de Zumdahl, Steven S., *Fundamentos de Química*, 5a. ed., México, McGraw-Hill Interamericana, 2007, p. 597.

- f) El *antraceno* se usa más en la industria de colorantes, sin embargo, también se emplea para impregnar postes y durmientes de ferrocarril para protegerlos del ataque de insectos y agentes atmosféricos.



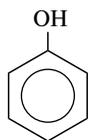
Antraceno

- g) El *trinitrotolueno*, al que en forma abreviada se le llama trilita, es uno de los explosivos más potentes.



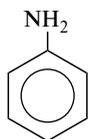
Trinitrotolueno (TNT)

- h) El *fenol* es conocido también con los nombres de *ácido fénico* y *ácido carbólico*. Se emplea para preparar medicamentos, perfumes, plásticos, fibras textiles artificiales, también para refinar petróleo, fabricar colorantes, detergentes, insecticidas y herbicidas; se usa además en forma de aerosol para tratar irritaciones de la garganta. Es venenoso en altas concentraciones.



Fenol

- i) La *anilina* recibe el nombre de *fenilamina* o *aminobenceno* y es la amina bencénica más importante. A partir de ella se fabrican múltiples colorantes utilizados en la industria de tejidos. La anilina pura es un compuesto tóxico.

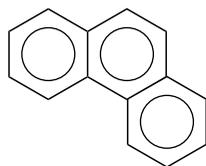


Anilina



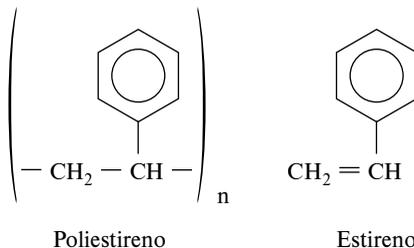
Figura 2.18 Explosivos que contienen nitrógeno. La dinamita y el TNT (trinitrotolueno) son explosivos nitrogenados que se utilizan para volar rocas en la construcción de caminos o para demoler con eficiencia viejas construcciones.

- j) El **fenantreno** no tiene mucha importancia industrial, pero sí en la biología, ya que se relaciona con la colesteroína y las hormonas sexuales.



Fenantreno

- k) El *poliestireno* es un material artificial cuyo monómero es el estireno (fenileteno o vinilbenceno).



Poliestireno

Estireno

El *poliestireno* se usa para fabricar vasos desechables, ganchos para ropa, partes de radio y televisión, nieve seca y tazas cafeteras. En su forma rígida se emplea para elaborar tenedores, cucharas y cuchillos desechables.



PALABRAS CLAVE

alcanos 25
alquenos 43
alquinos 50
cicloalquenos 47
fenantreno 58
fórmulas desarrolladas 24

fórmulas semidesarrolladas 24
fórmulas moleculares o condensadas 24
fórmulas taquigráficas o en zigzag 24

hidrocarburos 22
isómeros 34
parafinas 27
poliestireno 50
radicales alquilo 29



LO QUE APRENDÍ

1. ¿Qué compuestos reciben el nombre de hidrocarburos?

2. ¿A qué compuestos se les llama alcanos?

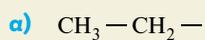
3. ¿Cómo se definen los alcanos lineales?

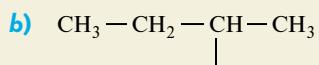
4. Representa, con fórmulas de Lewis, el alcano de fórmula C_2H_6 .

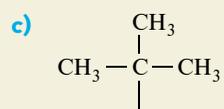
5. ¿Por qué a los alcanos también se les llama parafinas?

6. Escribe la fórmula general de los alcanos.

7. Escribe los nombres de los siguientes radicales.







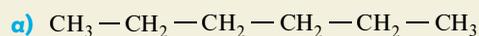
8. ¿A qué se le llama carbono terciario?

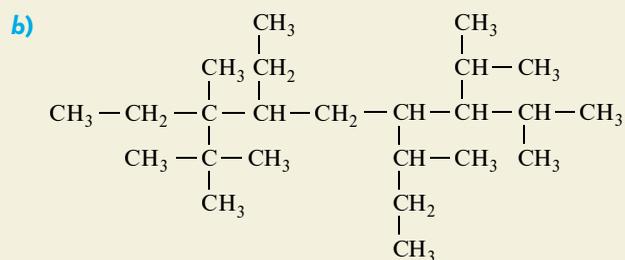
9. Escribe las fórmulas semidesarrolladas de tres isómeros del C_7H_{16} .

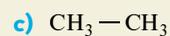
10. ¿Qué son los cicloalcanos?

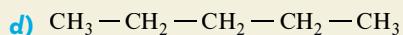
11. ¿Por qué los cicloalcanos reciben también el nombre de hidrocarburos polimetilénicos?

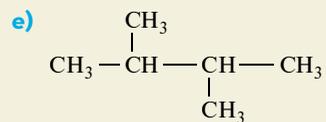
12. Escribe los nombres de los siguientes hidrocarburos.

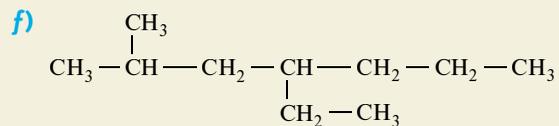


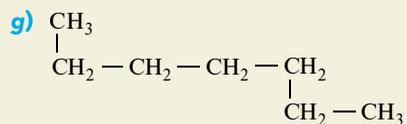


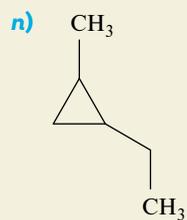
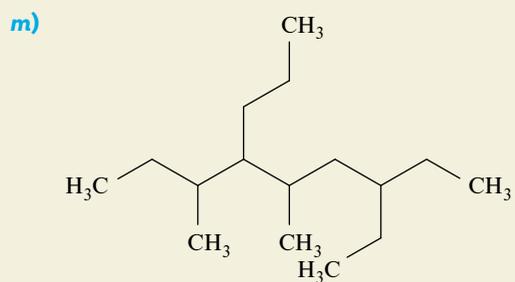
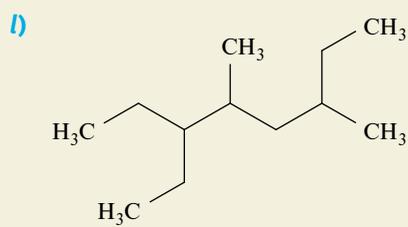
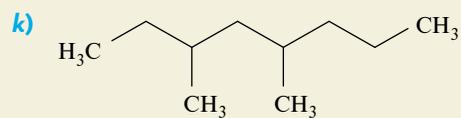
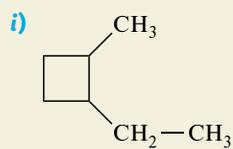
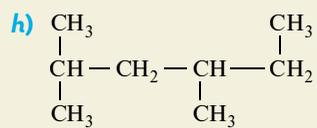


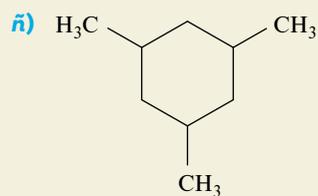












13. Escribe las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

- a) Propano _____
- b) Butano _____
- c) Nonano _____
- d) 2,3-dimetilhexano _____
- e) 2,3-dimetilbutano _____
- f) 4-isopropil-2-metilheptano _____
- g) 3-etil-3,5-dimetiloctano _____

14. Utilizando fórmulas geométricas simplificadas, representa los siguientes compuestos.

- a) Ciclopropano
- b) 1-etil-2,4-dimetilciclohexano
- c) Etilciclobutano
- d) 1,3,5-trimetilciclohexano

15. Escribe la fórmula general de los alquenos.

16. ¿Qué caracteriza a las moléculas de los hidrocarburos llamados alquenos?

17. Con estructuras de Lewis escribe la fórmula del 1-buteno.

18. Escribe las fórmulas que se indican:

a) *cis*-2-penteno

b) *trans*-3-hepteno

c) *cis*-2-buteno

d) *trans*-2-buteno

19.

a) ¿Qué indica la regla de Markownikoff?

b) Escribe un ejemplo:

20. Escribe el nombre de dos clases de hidrocarburos que tengan la fórmula general C_nH_{2n-2} .

21. ¿Qué nombre reciben los hidrocarburos insaturados en cuyas moléculas existen enlaces triples entre carbono y carbono?

22. ¿Cómo se obtiene el etino y cuál es su nombre común?

23. ¿Qué nombre recibe el compuesto más importante de los hidrocarburos cíclicos insaturados?

24. ¿Cómo se representa de manera gráfica el benceno?

25. Escribe los usos más importantes de los siguientes compuestos.

a) urea

b) tolueno

c) *p*-clorobenceno

d) naftaleno

e) antraceno

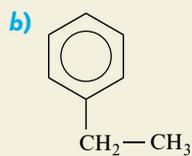
f) fenol

g) anilina

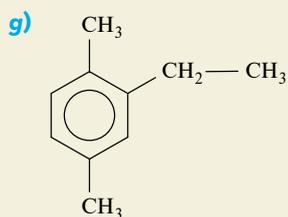
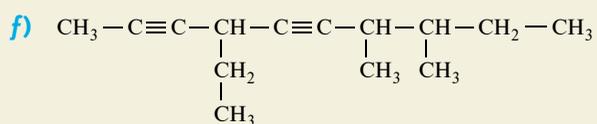
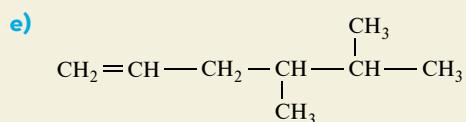
h) poliestireno

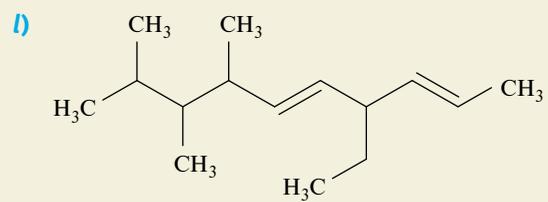
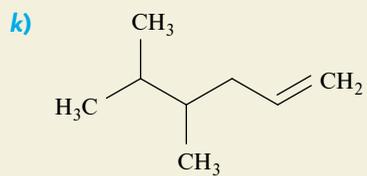
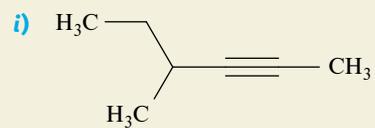
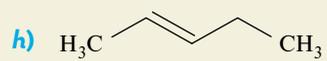
26. Escribe el nombre de los siguientes compuestos e indica si se trata de un alqueno, cicloalqueno, alquino o compuesto aromático.

a) $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH}$



c) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$





27 Escribe la fórmula de los siguientes compuestos:

a) eteno

b) ciclobutadieno

c) 2-butino

d) *trans*-3-hexeno

e) 1-metilciclopropeno

f) etilbenceno

g) *p*-xileno

h) 1,3,5-trimetilbenceno