

Formulación y nomenclatura de química orgánica

Este apéndice se ha realizado teniendo en cuenta las últimas normas y recomendaciones elaboradas entre 1993 y 1994 por la IUPAC para nombrar los compuestos orgánicos. No obstante, en aquellos compuestos de uso común en los que perviven formas de la nomenclatura anterior se ha mantenido la doble denominación (la que se atiene a las últimas normas aparece en cursiva y entre paréntesis cuando no coincide con la norma anterior).

Los compuestos orgánicos están formados, fundamentalmente, por C y H, aunque algunos incluyen en sus moléculas átomos de O, N, S, P, halógenos y algún metal.

El elemento central es el átomo de C, que forma cuatro enlaces covalentes. Dependiendo del compuesto, se tratará de cuatro enlaces covalentes sencillos, un doble enlace y dos enlaces sencillos o un triple enlace y un enlace sencillo.

Un compuesto orgánico consiste en una cadena de átomos de C unidos entre sí, a los que se suman los átomos de H que sean precisos para completar su tetravalencia; la cadena puede ser abierta o cerrada, formando un ciclo. Solo en determinados puntos de la molécula se encuentran grupos de átomos distintos formando lo que se denomina **grupo funcional** del compuesto: conjunto de átomos unidos siempre de la misma manera entre sí y al resto de la cadena carbonada del compuesto que le confiere propiedades características.

Para **formular** un compuesto orgánico, se escribe, en primer lugar, el número de átomos de carbono (viene indicado en el nombre). A continuación, se añaden el grupo funcional y los sustituyentes en las posiciones señaladas y, por último, se colocan los átomos de hidrógenos necesarios para formar los cuatro enlaces de carbono.

Compuestos orgánicos monofuncionales

Son los compuestos orgánicos que presentan un único grupo funcional en sus moléculas.

Hidrocarburos

Reciben esta denominación los compuestos orgánicos que están formados solo por C y H.

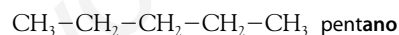
En la tabla 9.1 (página 306 del *Libro del alumno*) aparece el nombre de los prefijos que se asignan según el número de átomos de carbono que tenga la cadena, ya sea esta lineal o cíclica.

Los hidrocarburos cíclicos se nombran igual que los acíclicos anteponiendo el prefijo **ciclo-**.

Alcanos y cicloalcanos

Son hidrocarburos cuyos átomos de C forman todos cuatro enlaces covalentes sencillos.

Se nombran anteponiendo el prefijo que indica el número de átomos de C de la cadena y si es cíclico y añadiendo la terminación **-ano**.



ciclopentano

Alquenos y cicloalquenos

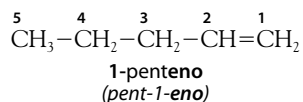
Son hidrocarburos que presentan algún doble enlace ($-\text{C}=\text{C}-$) entre átomos de C. Se nombran añadiendo la terminación **-eno** al prefijo que indica el número de átomos de C de la cadena (y si es cíclica).

Si el doble enlace se puede presentar en distintas posiciones de la molécula, hay que especificar su localización. Para ello, se da el número localizador del primer C que forma parte del doble enlace.

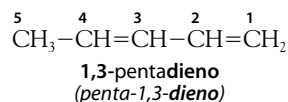
Si la molécula presenta varios dobles enlaces, al sufijo **-eno** se antepone la partícula **di-**, **tri-**, etc., a fin de indicar su número.

Se numera la cadena empezando por el extremo que dé la localización más baja al doble enlace o al conjunto de dobles enlaces de la molécula. El doble enlace tiene preferencia sobre el triple.

El número localizador se separa de la palabra que lo precede y/o lo sigue por un guión. Si hay varios números localizadores, se separan unos de otros mediante una coma.



ciclopenteno

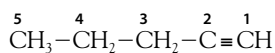


1,4-ciclohexadieno
(ciclohexa-1,4-dieno)

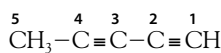
Alquinos y cicloalquinos

Son hidrocarburos que presentan algún triple enlace entre átomos de C ($-C\equiv C-$). Se nombran anteponiendo el prefijo que indica el número de átomos de C de la cadena (y si es cíclico) y añadiendo la terminación **-ino**.

El resto de las normas son idénticas a las de los alquenos y cicloalquenos.



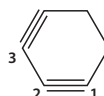
1-pentino
(pent-1-ino)



1,3-pentadiino
(penta-1,3-diino)



cicloheptino



1,3-ciclohexadiino
(ciclohexa-1,3-diino)

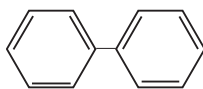
(Nota: debido a la tensión del anillo, es difícil encontrar cicloalquinos de menos de ocho átomos de C.)

Aromáticos

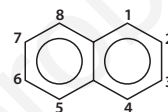
En la molécula de estos compuestos existe, al menos, un anillo bencénico. Si solo tienen uno, son monocíclicos y se llaman **arenos**; si tienen más de uno, son policíclicos; los hidrocarburos aromáticos policíclicos pueden tener los anillos aislados (como el bifenilo) o condensados (como el naftaleno).



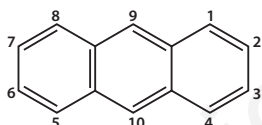
benceno



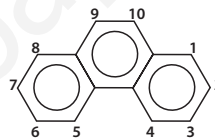
bifenilo



naftaleno



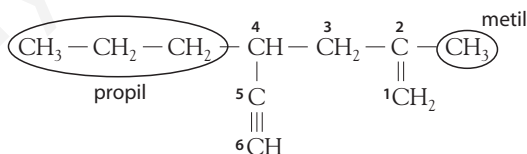
antraceno



fenantreno

Hidrocarburos ramificados

Son ramificados los hidrocarburos que contienen algún átomo de C unido a tres o cuatro átomos de C. En estos compuestos cabe distinguir la cadena principal de las ramificaciones o radicales.



Un **radical** es un resto de un hidrocarburo que ha perdido un enlace C-H; ese C puede unirse a otro C de la cadena hidrocarbonada y formar así la ramificación.

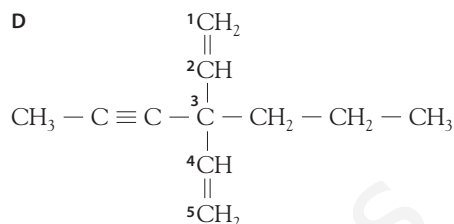
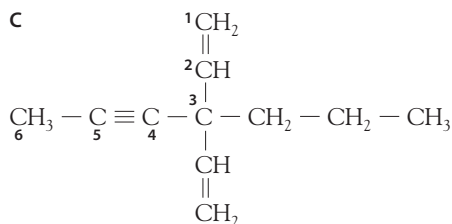
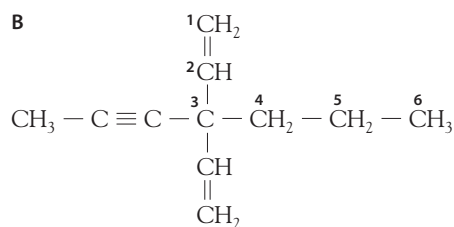
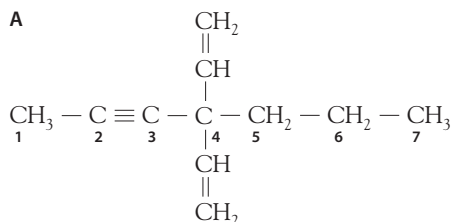
Los radicales se nombran como el hidrocarburo del que proceden, pero añadiendo la terminación **-il** o **-ilo**.

En la página 306 del *Libro del alumno* se indican los radicales más habituales en los compuestos orgánicos.

Para nombrar los hidrocarburos ramificados, hay que seguir este procedimiento:

1. Se identifica la cadena principal. Si es un alcano, es la cadena más larga. A igual longitud, se elige la de mayor número de sustituyentes o radicales.
2. Si el compuesto contiene dobles y/o triples enlaces, la cadena principal es la más larga de las que contienen el mayor número de dobles y triples enlaces. En caso de que haya dos, se elige la que tenga mayor número de dobles enlaces.
3. Se numera la cadena principal. Se comienza por el extremo que dé la localización más baja a los dobles y triples enlaces, y en su defecto, a los sustituyentes.
4. Se identifican y nombran los radicales, indicando su posición. Si hay varios radicales, se ordenan por orden alfabético, prescindiendo de los términos **ciclo** o de los prefijos que indican que hay varios radicales iguales (**di-**, **tri-**, **tetra-**...).
5. Finalmente, se nombra la cadena principal, indicando su grupo principal y su localización.

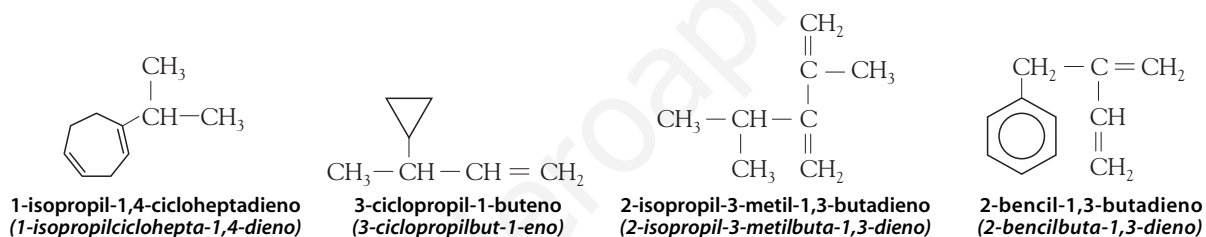
Vamos a nombrar el siguiente hidrocarburo. Para ver cuál es la cadena principal, numeramos de todas las formas posibles:



La cadena que aparece marcada en la fórmula A es la más larga, pero no es la que contiene el mayor número posible de dobles y triples enlaces; por tanto, no es la cadena principal. Tampoco es la cadena principal la que se numera en B, sino la que se numera en C. Otras cadenas, como la que se numera en D, contienen el mismo número de dobles y/o triples enlaces, pero con un menor número de átomos de C; por consiguiente, tampoco puede ser la cadena principal. La cadena principal tiene dos radicales, un vinilo y un propilo. El orden de numeración es el que se indica en C, pues el orden contrario da una localización más alta para el doble y el triple enlace.

Por tanto, el nombre de este hidrocarburo es **3-propil-3-vinil-1-hexen-4-ino (3-propil-3-vinilhexa-1-en-4-ino)**.

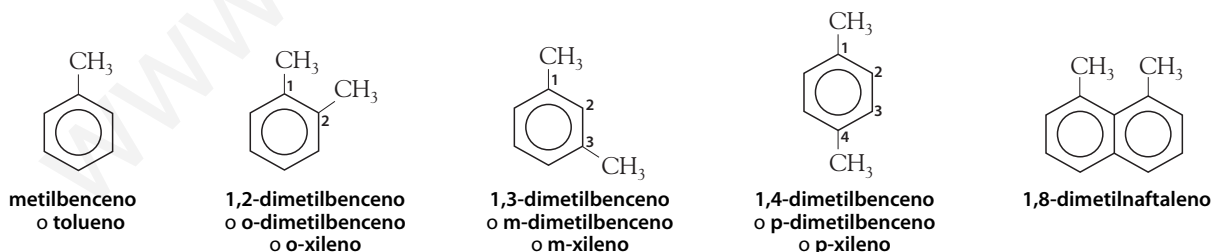
Los siguientes son también hidrocarburos ramificados:



Hidrocarburos aromáticos ramificados

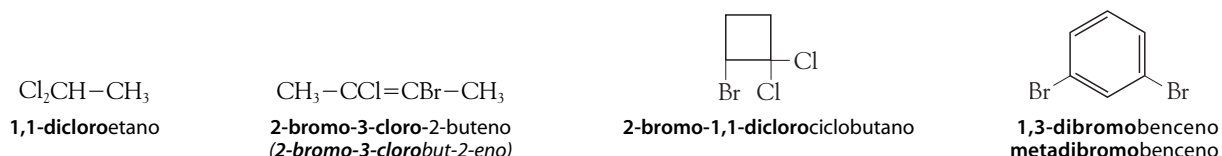
El más común es el metilbenceno, también denominado **tolueno**. Si presentan dos radicales, se pueden localizar de forma similar a lo expuesto para los demás hidrocarburos o utilizar estos prefijos:

- **orto-** (de forma abreviada, **o-**), cuando estén en posiciones 1,2.
- **meta-** (de forma abreviada, **m-**), cuando estén en posiciones 1,3.
- **para-** (de forma abreviada, **p-**), cuando estén en posiciones 1,4. Los dimetilbencenos se conocen como **xilenos**.



Derivados halogenados

El grupo funcional es el halógeno, cuya representación es R-X, es decir, está formado por átomos de C, H y halógeno (X: F, Cl, Br, I). Se nombran como un radical con el nombre del halógeno. Si hay varios halógenos o halógenos y otros radicales, se ordenan por orden alfabético. La cadena carbonada se numera de forma que todos los sustituyentes tengan los localizadores más bajos.



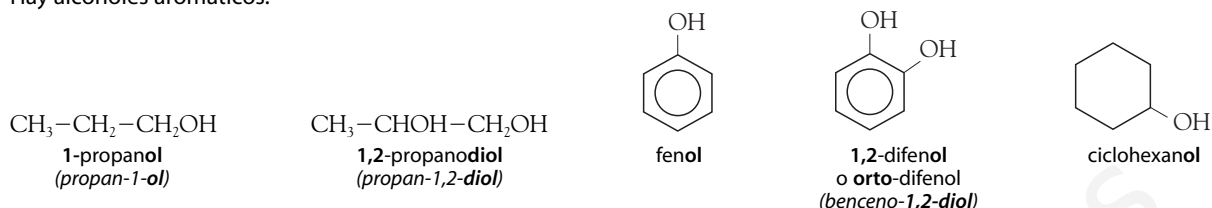
Compuestos oxigenados

Las moléculas de estos compuestos tienen átomos de C, H y O. Existen distintos grupos funcionales oxigenados.

Alcoholes

El grupo funcional es $-OH$. Se nombran anteponiendo el prefijo (que indica el número de átomos de C de la cadena y si es cíclico) a la terminación **-ol**.

El grupo funcional se puede presentar en distintas posiciones de la molécula; por tanto, hay que indicar su localización. Se numera de forma que tenga el localizador más bajo. Una molécula puede presentar varios grupos alcohol en distintos C. Hay alcoholes aromáticos.

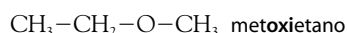


Éteres

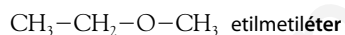
El grupo funcional es el oxígeno unido a dos radicales: $R-O-R'$; se trata, pues, de un átomo de O con dos radicales alquílicos o arílicos.

Se pueden nombrar de dos formas:

- **Por sustitución.** La parte $-O-R'$ se considera un oxiderivado del hidrocarburo R.



- **Por grupo funcional.** Se nombran los dos radicales y al final se añade el término **éter**.



Aldehídos

El grupo funcional se representa como $R-CHO$ o mediante su fórmula desarrollada: $\begin{matrix} R \\ \diagdown \\ C=O \\ \diagup \\ H \end{matrix}$. En esta fórmula, R es un radical alquílico o arílico (aromático). El grupo funcional está sobre un C terminal; por tanto, no hay aldehídos cíclicos. Una molécula puede tener dos grupos aldehído.

Se nombran con el prefijo que indica el número de átomos de C de la cadena y añadiendo la terminación **-al**. Algunos aldehídos tienen nombre común.



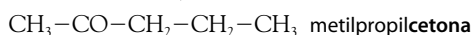
Cetonas

El grupo funcional se representa como $R-CO-R'$ o mediante su fórmula desarrollada: $\begin{matrix} R \\ \diagdown \\ C=O \\ \diagup \\ R' \end{matrix}$. R y R' son radicales alquílicos o arílicos (aromático). El grupo funcional no puede estar en un C terminal; hay cetonas cíclicas. Una molécula puede tener varios grupos cetona. Se nombran de dos formas:

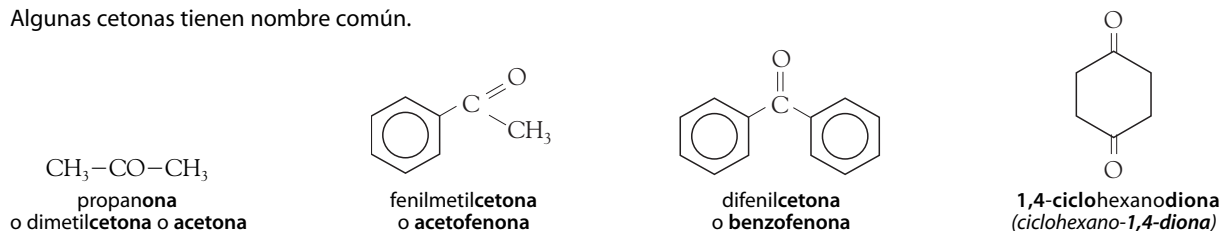
- **Por sustitución.** Se antepone el prefijo que indica el número de átomos de C de la cadena y se añade la terminación **-ona**. Si el grupo funcional puede ocupar distintas posiciones, hay que indicar su localizador.



- **Por grupo funcional.** Se nombran los dos radicales y, al final, se añade el término **cetona**.

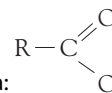


Algunas cetonas tienen nombre común.



Ácidos carboxílicos

El grupo funcional se representa como R-COOH o mediante su fórmula desarrollada:



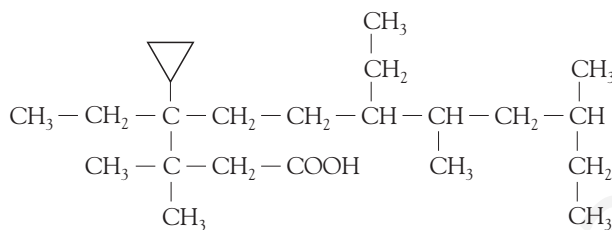
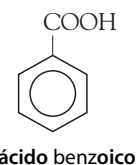
En ella, R es un radical alquílico o arílico (aromático). El grupo funcional está en un C terminal; por tanto, no hay ácidos carboxílicos cíclicos. Una molécula puede tener dos grupos ácido.

Se nombran con el término **ácido** y anteponiendo el prefijo (que indica el número de átomos de C de la cadena) a la terminación **-oico**. Algunos ácidos tienen nombre común.

H-COOH
ácido metanoico
o ácido fórmico

CH₃-COOH
ácido etanoico
o ácido acético

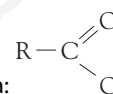
COOH-CH₂-COOH
ácido propanodioico



ácido 4-ciclopropil-4-7-diethyl-3,3,8,10-tetramildodecanoico

Ésteres

El grupo funcional se representa como R-COOR' o mediante su fórmula desarrollada:



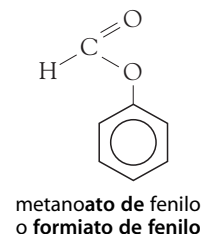
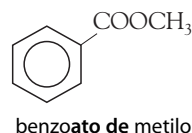
R es un radical o un H, y R', otro radical.

La parte de la fórmula que se corresponde con R-COO- se nombra como los ácidos de los que proviene (sin el término **ácido**), pero con la terminación **-ato** más la preposición **de** seguida del nombre del radical R'.

Cuando el ácido tiene un nombre común, el nombre del éster puede derivar del nombre común.

H-COO-CH₃
metanoato de metilo
o formiato de metilo

CH₃-COO-CH₃
etanoato de metilo
o acetato de metilo



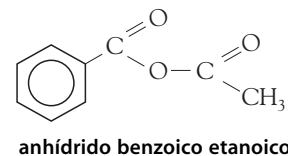
Anhídridos de ácido

El grupo funcional se representa como R-CO-O-CO-R' o mediante $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$. En esta fórmula desarrollada, R y R' son radicales o un H.

Se nombran con el término **anhídrido** más los nombres de los dos radicales de los ácidos de los que provienen. Si R es igual a R', se dice que el anhídrido es simétrico; en estos casos, el ácido se nombra solo una vez.

H-COO-CO-CH₃
anhídrido etanoico metanoico
o anhídrido acético fórmico

CH₃-CO-O-CO-CH₃
anhídrido etanoico
o anhídrido acético



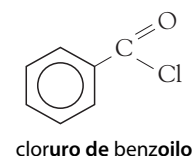
Haluros de ácido

El grupo funcional se representa como R-CO-X, donde X puede ser F, Cl, Br o I, y R es un radical o un H.

Se nombran con el término **haluro de** más el nombre del ácido del que provienen, terminado en **-oilo**.

H-CO-Cl
cloruro de metanoilo
o cloruro de formilo

Cl-CO-CH₃
cloruro de etanoilo
o cloruro de acetilo



Compuestos nitrogenados

En sus moléculas tienen átomos de C, H y N. Existen distintos grupos funcionales nitrogenados.

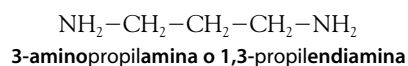
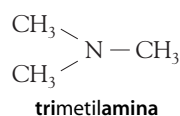
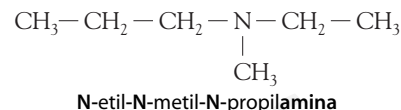
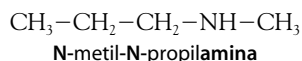
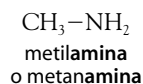
Aminas

El grupo funcional se representa como $\begin{matrix} R_2 - N - R_3 \\ | \\ R_1 \end{matrix}$. El átomo de N está unido a 1, 2 o 3 radicales. En el primer caso, se llaman **aminas primarias**; en el segundo, **aminas secundarias**, y en el tercero, **aminas terciarias**.

Se designan con el nombre del radical o radicales más la terminación **-amina**.

Si hay varios radicales, se denominarán por orden alfabético y pueden ir precedidos de la letra N-.

Las aminas primarias pueden tener varios grupos $-NH_2$ en la cadena principal; se indicará su localizador seguido de la partícula **di-**, **tri-**, etc., que señala el número de grupos aminos.

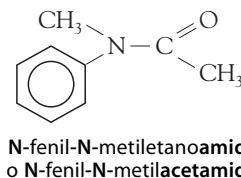
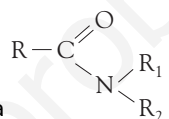
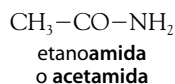


Amidas

El grupo funcional se representa como $R-CO-NR_1R_2$ o mediante la fórmula

El C puede estar unido a un átomo de H o a un radical R. El N puede estar unido a átomos de H, a uno o a dos radicales (R_1, R_2).

Se designan con el nombre del hidrocarburo que aporta el grupo carbonilo ($C=O$) más el término **-amida**. Si el N está unido a radicales, se denominan precedidos de **N-**.

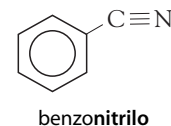
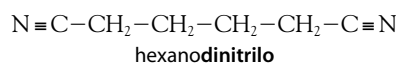
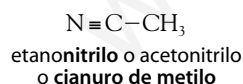


Nitrilos

El grupo funcional se representa como $-C \equiv N$. Una molécula puede tener más de un grupo nitrilo.

Se nombran de dos formas:

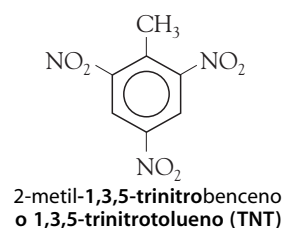
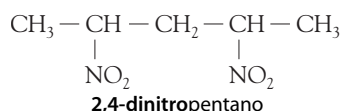
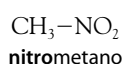
- Se añade a la denominación del hidrocarburo del que procede (el que incluye el C del grupo $-C \equiv N$) la terminación **-nitrilo**.
- Se comienza con el término **cianuro** seguido de la preposición **de** más el nombre del radical al que está unido el grupo funcional (el que no incluye el C del grupo $-C \equiv N$).



Nitrocompuestos

El grupo funcional se representa como $-C-NO_2$.

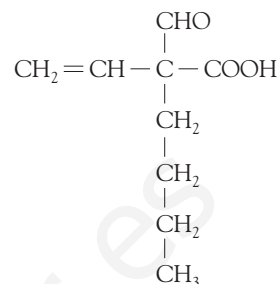
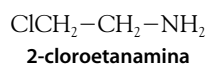
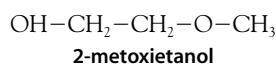
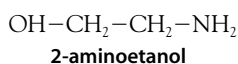
Se nombra como un radical, anteponiendo el prefijo **nitro-**. Si hay más de un grupo nitro, es preciso indicar su localizador.



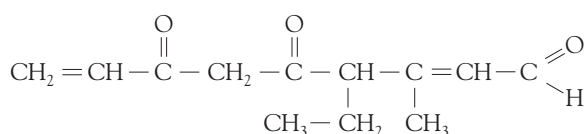
Compuestos orgánicos polifuncionales

Reciben esta denominación los compuestos orgánicos que presentan varios grupos funcionales en sus moléculas. La IUPAC establece un orden de prioridad para los distintos grupos funcionales. En la tabla 9.8 (página 322 del *Libro del alumno*) se indica este orden de prioridad de los distintos grupos funcionales y el modo en que se nombran cuando van como prefijos o como sufijos.

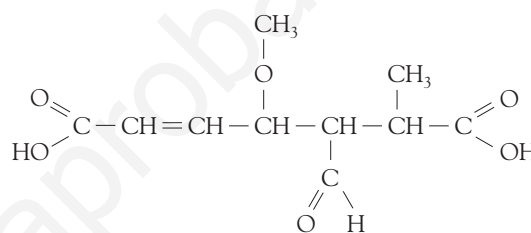
1. La cadena principal ha de ser la más larga que contenga el grupo funcional prioritario y se numera de tal manera que tenga el localizador más bajo.
2. Los demás grupos funcionales se nombran por orden alfabético como sustituyentes; a continuación, figura el prefijo que indica el número de átomos de carbono y la terminación correspondiente al grupo funcional principal, que se elige atendiendo a orden de preferencia mencionado anteriormente.



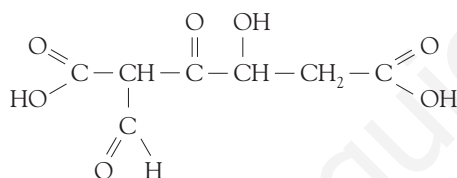
ácido 2-butil-2-formil-3-butenóico
(*ácido 2-butil-2-formilbut-3-en-óico*)



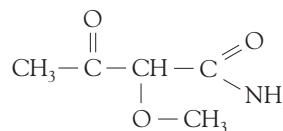
4-etil-3-metil-5,7-dioxo-2,8-nonadienal
(*4-etil-3-metil-5,7-dioxonona-2,8-dienal*)



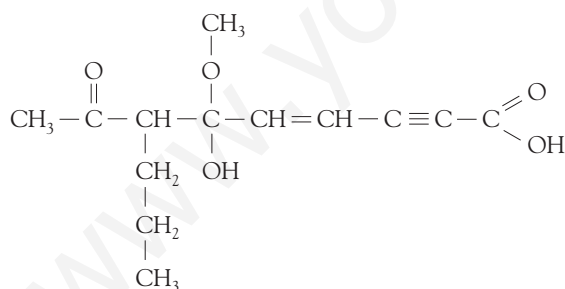
ácido 5-formil-4-metoxi-6-metil-2-heptenodioico
(*ácido 5-formil-4-metoxi-6-metil-hept-2-en-dioico*)



ácido 2-formil-4-hidroxi-3-oxohexanodioico



2-metoxi-3-oxobutanamida



ácido 6-hidroxi-6-metoxi-8-oxo-7-propil-4-nonen-2-inoico
(*ácido 6-hidroxi-6-metoxi-8-oxo-7-propilnon-4-en-2-inoico*)

