

FORMULACIÓN Y NOMENCLATURA DE QUÍMICA ORGÁNICA

¿Por qué dedicamos una rama de la Química a estudiar los compuestos de un único elemento, el carbono?

La razón es que, frente a las cien mil sustancias conocidas en las que no participa el carbono, existen casi quince millones de compuestos del carbono y además este número va en aumento.

Muchos compuestos del carbono existen en los seres vivos. Durante mucho tiempo, los químicos no fueron capaces de obtenerlos de forma artificial, se pensaba que para sintetizarlos hacía falta una fuerza vital (*vis vitalis*) que solo poseían los organismos vivos. Por ello, la parte de la Química que estudia estos compuestos se ha llamado química orgánica, por oposición a la química inorgánica, que estudiaba los compuestos existentes en el reino mineral y que sí podían ser sintetizados artificialmente en un laboratorio.

En 1828, el químico alemán **Friedrich Wöhler** obtuvo de forma accidental, urea, a partir de dos compuestos inorgánicos¹. La urea es un compuestos que aparece en la orina de los animales como resultado de la degradación de las proteínas. Se había logrado, por lo tanto, sintetizar en el laboratorio un compuesto orgánico fuera del cuerpo de un ser vivo. A esta síntesis, siguieron otras como la del ácido acético.

Estos hechos cuestionaron la diferencia sustancial entre la química orgánica y la inorgánica. Por ello, **Kekulé**, uno de los químicos orgánicos más representativos, renombró en 1859, la química orgánica como la **química de los compuestos del carbono**.

¿Por qué forma tantos compuestos?

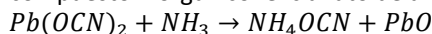
Como veremos, la configuración electrónica de la capa de valencia del carbono y su tamaño, determinan que sea el único elemento químico que puede:

- Formar enlaces covalentes sencillos, dobles y triples con otros átomos de carbono.
- Formar cadenas largas uniéndose a otros muchos átomos de carbono.
- Formar ciclos, es decir, cadenas en las que el último átomo de C se une al primero.
- Tanto las cadenas abiertas como los ciclos pueden presentar ramificaciones, esto es, puntos donde un átomo de C se une a tres o 4 átomos de C.
- Cuando los ciclos se forman con átomos de C con hibridación sp^2 , se crean anillos aromáticos especialmente estables.

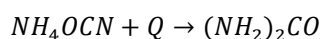
El boro o el nitrógeno, tienen un tamaño similar al del carbono pero carecen de su configuración electrónica; el boro tiene un electrón menos y el nitrógeno, uno más.

Por todo ello, el carbono es un elemento único y capaz de formar numerosos compuestos.

¹ Como ha sucedido con muchos descubrimientos, la primera síntesis de la urea en un laboratorio fue accidental. Wöhler, hizo reaccionar dos compuestos inorgánicos: el cianato de plomo (II) y el amoníaco, con la intención de obtener otro compuesto inorgánico: el cianato de amonio:



Como la reacción tenía lugar en una disolución acuosa, calentó el producto obtenido con el fin de evaporar parte del agua y conseguir que el cianato cristalizase; sin embargo, al calentar el compuesto, se transformó en urea:



Estructura de los compuestos del carbono

Ya hemos dicho que los átomos de carbono se pueden unir formando cadenas lineales o cíclicas.

- Cuando hablamos de **cadena lineal**, nos referimos a uniones sucesivas de átomos de carbono, aunque la geometría de sus orbitales de enlace determine una cadena en zigzag. El ángulo que formen tres átomos de carbono consecutivos dependerá de la existencia en ese punto de la cadena de un enlace simple, doble o triple.
- Además, como los enlaces sencillos pueden rotar, la cadena se puede doblar sobre sí misma y permitir, que se unan los carbonos de los extremos; el resultado de esta unión es la formación de un ciclo.
- Un ciclo de seis carbonos con dobles enlaces alternados forma lo que se conoce como **anillo aromático**, una estructura de gran estabilidad.
- Tanto las cadenas lineales, los ciclos y los anillos pueden tener **ramificaciones**.

Representación de las fórmulas orgánicas

Dependiendo de la información que queramos resaltar se utilizan distintas representaciones.

Nombre	Fórmula estructural			Representación con modelo de esferas	Fórmula general o molecular
	Desarrollada	Semidesarrollada	Compacta o stick		
METANO		CH ₄	No corresponde		CH ₄
ETANO		H ₃ C-CH ₃			C ₂ H ₆
PROPANO		H ₃ C-CH ₂ -CH ₃			C ₃ H ₈
BUTANO		H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃			C ₄ H ₁₀
PENTANO		H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃			C ₅ H ₁₂

- En la **fórmula desarrollada** se representan **todos** los enlaces entre todos los átomos.
- En la **fórmula semidesarrollada** se representan solo los **enlaces entre los átomos de C** y se indican los átomos unidos a cada carbono.
- La **fórmula molecular** indica el número de átomos de cada elemento que hay en la molécula. Con frecuencia en orgánica esta fórmula ofrece poca información, ya que existen compuestos orgánicos diferentes que corresponden a la misma fórmula molecular.
- En la representación con modelo de esferas se representa la geometría de la molécula. Normalmente se recurre a modelos de bolas y varillas con los que se reproducen los átomos y los enlaces entre ellos.
- La **forma compacta** representa a los compuestos mediante una línea en zigzag que representa los enlaces entre átomos de C y los átomos que forman el grupo funcional.

INDICACIONES SOBRE EL USO DE LA NOMENCLATURA EN QUÍMICA ORGÁNICA

Dentro de la comunidad científica, incluida la española, el sistema de nomenclatura química construida sobre las bases de las recomendaciones de la IUPAC es el utilizado de forma general. Este sistema permite la nomenclatura inequívoca de cada sustancia y la asignación de una sola estructura a cada nombre químico.

La Ponencia de Química de Selectividad aceptará los tres tipos de nomenclaturas admitidos por la IUPAC: por grupo funcional, por sustitución y nombres comunes (aquellos cuyo empleo es genérico). En el caso de los compuestos orgánicos, nos adaptaremos a las recomendaciones de 1993 que modifican las anteriores de 1979. Los cambios propuestos están relacionados con la nomenclatura de algunos compuestos y consisten básicamente en colocar los numerales que indican la posición del doble o triple enlace, o del grupo funcional, inmediatamente delante de la terminación del nombre. Nos puede servir de ayuda tener en cuenta que al quitar los numerales leemos correctamente el nombre de la sustancia sin indicadores de posición. Por ejemplo actualmente se admite but-1-eno, butan-1-ol, butan-1-amina, etc., mientras que antes se decía 1-buteno, 1-butanol, 1-butanamina.

Grupo funcional y serie homóloga

Las sustancias orgánicas se clasifican en bloques que se caracterizan por tener un átomo o grupo atómico definido (**grupo funcional**) que le confiere a la molécula sus propiedades químicas características. Una **serie homóloga** es el conjunto de compuestos orgánicos que tienen el mismo grupo funcional.

En función de los grupos funcionales los compuestos orgánicos se clasifican de la siguiente manera:

- **Compuestos hidrogenados o HIDROCARBUROS.** En su molécula solo hay átomos de carbono e hidrógeno. Pueden ser de cadena abierta o cerrada y a su vez pueden ser saturados (solo enlaces simples), o insaturados (enlaces dobles o triples).
- **Compuestos halogenados.** En la molécula hay átomos de carbono, hidrógeno y uno o más halógenos.
- **Compuestos oxigenados.** En la molécula existen átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno. Son **alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, éteres y ésteres.**
- **Compuestos nitrogenados.** Las moléculas están constituidas por átomos de carbono, nitrógeno e hidrógeno y a veces oxígeno. Son **amidas, aminas y nitroderivados, y nitrilos.**

Es habitual que en un mismo compuesto existan a la vez varios grupos funcionales. Estos compuestos se denominan **compuestos polifuncionales**. En estos casos hay que tener en cuenta el siguiente orden de preferencia a la hora de nombrar los compuestos.

Ácidos> ésteres> amidas=sales> nitrilos> aldehídos> cetonas> alcoholes> aminas> éteres> insaturaciones (dobles> triples)> hidrocarburos saturados.

La IUPAC ha establecido la siguiente regla de carácter general para la nomenclatura y formulación de compuestos orgánicos que tendremos en cuenta siempre: **la cadena principal es la más larga que contiene el grupo funcional más importante.**

El nombre de un compuesto orgánico debe tener en cuenta su cadena carbonada y el grupo o grupos funcionales que contenga.

La **cadena carbonada** está formada por los átomos de carbono que están unidos unos a otros de forma sucesiva. Puede ser una cadena abierta o un ciclo y, en ambos casos puede tener ramificaciones.

A – HIDROCARBUROS

Ya hemos dicho que son compuestos formados exclusivamente por H y C y pueden ser de cadena abierta o cerrada.

A.1. HIDROCARBUROS DE CADENA ABIERTA

Pueden ser alcanos, alquenos y alquinos y en todos los casos la cadena puede ser lineal o ramificada.

A.1.1. ALCANOS LINEALES NO RAMIFICADOS

En general el grupo funcional de los alcanos es $\begin{array}{c} | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \end{array}$ Todos los átomos de carbono forman 4 enlaces covalentes sencillos.

Son **hidrocarburos saturados**, porque tienen el máximo número de átomos de H posible.

Los alcanos lineales no ramificados se nombran con un prefijo griego que indica el número de átomos de carbono de la cadena, seguida del sufijo **ano**.

nº carbonos	nombre	fórmula	nº carbonos	nombre
1	metano	CH ₄	14	tetradecano
2	etano	CH ₃ -CH ₃	15	pentadecano
3	propano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	16	hexadecano
4	butano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	17	heptadecano
5	pentano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	18	octadecano
6	hexano	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃	19	nonadecano
7	heptano	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃	20	eicosano
8	octano	CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃	21	heneicosano
9	nonano	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃	22	docosano
10	decano	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃	23	tricosano
11	undecano	CH ₃ -(CH ₂) ₉ -CH ₃	24	tetracosano
12	dodecano	CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -CH ₃	30	triacontano
13	tridecano	CH ₃ -(CH ₂) ₁₁ -CH ₃	40	tetracontano

A.1.2. ALCANOS LINEALES RAMIFICADOS

Para nombrar los alcanos ramificados es preciso definir antes lo que se entiende por **grupos alquilo**. Los grupos alquilo se forman a partir de un alcano por pérdida de un átomo de H. Así pues, en un radical hay un átomo de C que dispone de un electrón para unirse a otro átomo de C y formar una ramificación.

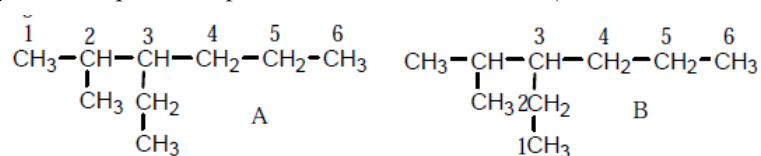
Los radicales se nombran reemplazando la terminación ano por **il(o)**. En algunos casos se acepta el nombre común. Ej: CH₄ (metano) → -CH₃ (metilo).

Estructura Esructural	Nombre IUPAC	Nombre TRIVIAL
$-\text{CH}_3$	Metilo	—
$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Etilo	—
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Propilo	—
$\begin{array}{c} -\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	1-Metiletilo	Isopropilo
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	Butilo	—
$\begin{array}{c} -\text{CH}_2\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-Metilpropilo	Isobutilo
$\begin{array}{c} -\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	1-Metilpropilo	Sec-butilo
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	1,1-Dimetiletilo	Terc-butilo
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2\text{CCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2,2-Dimetilpropilo	Neopentilo
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CCH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	1,1-Dimetilpropilo	Terc-pentilo

Reglas para nombrar los alcanos ramificados

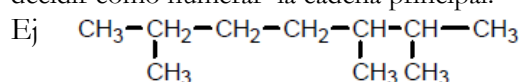
1. Encontrar y nombrar la cadena más larga de la molécula. El resto de grupos unidos a la **cadena principal** y que no sean H son los **sustituyentes**. Si la molécula tiene dos o más cadenas de igual longitud, la cadena principal es la que tiene más sustituyentes. A igualdad de sustituyentes, la que corresponda a localizadores más bajos.

Ej:



La válida es la A, hay dos cadenas laterales. En B solo una. Se llamaría 3-etil-2metil-hexano.

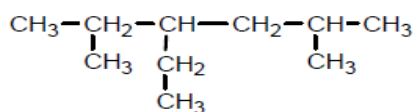
2. Nombrar todos los grupos unidos a la cadena principal como radicales alquilo.
3. Se numera de un extremo a otro, asignando los números más bajos posibles a los carbonos con cadenas laterales. Si coinciden por ambos lados, se utiliza el orden alfabético para decidir cómo numerar la cadena principal.



El nombre correcto sería 2,3,6-trimetilheptano. Sería incorrecto 2,5,6-trimetilheptano.

4. El nombre del alcano se escribe comenzando por el de los sustituyentes en orden alfabético, cada uno precedido por el número del C al que está unido (**localizador**) y un guión y a continuación se añade el nombre de la cadena principal. Si una cadena contiene más de un sustituyente del mismo tipo, su nombre irá precedido del prefijo **di**, **tri**, **tetra**, **penta**, etc. Estos prefijos no se tienen en cuenta a la hora de ordenar alfabéticamente los sustituyentes. Los radicales complejos (que van entre paréntesis), se nombran y ordenan según la primera letra del radical.

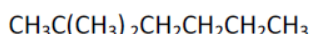
3-etil-2,5-dimetilhexano
(secuencia: etil-dimetil)



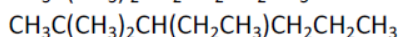
5. En el nombre final del compuesto, recuerda que entre letra y número se escribe un guión, y entre dos números, una coma.

Ejemplos:

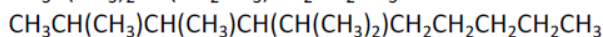
a) 2,2-dimetilhexano



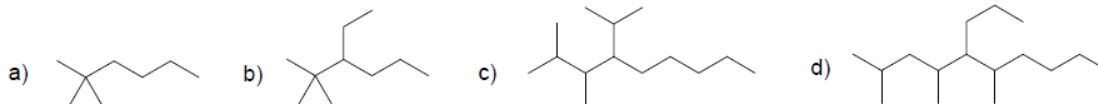
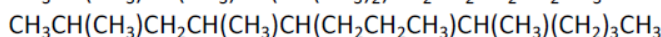
b) 3-etil-2,2-dimetilhexano



c) 4-isopropil-2,3-dimetilnonano



d) 2,4,6-trimetil-5-propildecano



Propiedades físicas y químicas de los alcanos.

A temperatura y presión ambientales los cuatro primeros términos son gases; líquidos del 5° al 16° y los demás son sólidos. La densidad de los alcanos es inferior a 1 g/cc generalmente. Los cicloalcanos tienen propiedades físicas muy similares a los hidrocarburos lineales de igual número de carbonos.

Los alcanos son muy inertes. Solo reaccionan con los halógenos (F, Cl y Br) a elevadas temperaturas y con luz muy intensa.

La escisión, en condiciones de presión y temperatura muy altas, de los alcanos de elevado peso molecular a hidrocarburos más pequeños se conoce con el nombre de **cracking** y es el proceso que se sigue para obtener carburantes (fuel-oil, gasoil, gasolina, etc). La industria petroquímica utiliza los hidrocarburos como punto de partida de infinidad de otros compuestos.

A.2. ALQUENOS Y ALQUINOS

Alquenos: Compuestos formados por C e H unidos por al menos un doble enlace. Se nombran igual que los alcanos pero con la terminación **-eno**. El alqueno más pequeño conserva su nombre común **etileno (eteno)**.

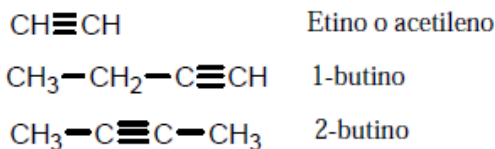
1. Para nombrar la raíz, se busca la cadena más larga que incluya los dos carbonos del doble enlace. La molécula puede presentar cadenas más largas pero se ignoran.
2. Cuando sea necesario, se indica la posición del doble enlace en la cadena mediante un número, empezando por el extremo más cercano al doble enlace, es decir, el doble enlace debe tener el número más bajo.
3. Los sustituyentes y sus posiciones se añaden delante del nombre del alqueno. Si hay más de un doble enlace se indica con la terminación **dieno**, **trieno**, etc.

Ejemplos:

- a) hex-2-eno $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
 b) 4-metilpent-2-eno $\text{CH}_3\text{-CH(CH}_3\text{)-CH=CH-CH}_3$
 c) octa-2,5-dieno $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3$

Alquinos: Se nombran igual que los alcanos pero con la terminación **ino**, y cuando sea necesario, se indica la posición del triple enlace con el localizador más bajo posible. Si hay ramificaciones y/o más de un triple enlace, se cumplen las mismas normas que con los alquenos.

El alquino más pequeño conserva su nombre común **acetileno (etino)**.



Cuando hay dobles y triples enlaces en la cadena, se nombra de forma que los localizadores de las insaturaciones sean lo más bajos posible, sin distinguir entre dobles o triples enlaces. Si la numeración coincidiera, tiene preferencia el doble enlace.

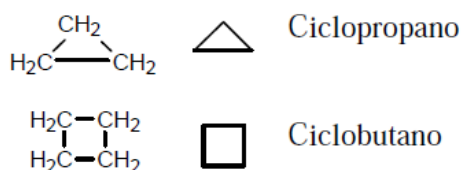
Ejemplos:

- a) pent-2-ino $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3$
 b) hepta-1,4-diino $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$
 c) pent-1-en-4-ino $\text{CH}_2\text{=CH-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$
 d) hex-4-en-1-ino $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$

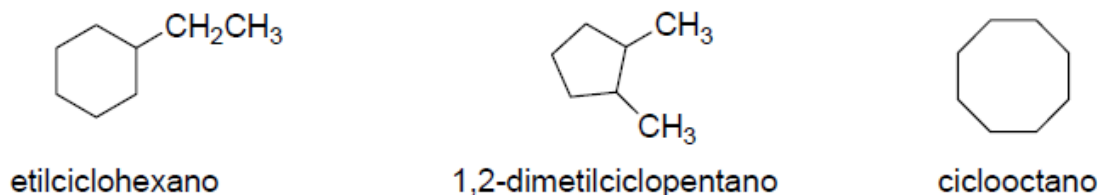
Tanto los alquenos como los alquinos son muy reactivos en general, centrándose su actividad química en los dobles o triples enlaces.

A.3. HIDROCARBUROS ALICÍCLICOS

Son hidrocarburos de cadena cerrada. Se nombran anteponiendo el prefijo **ciclo** al nombre del hidrocarburo de cadena abierta del mismo número de carbonos.

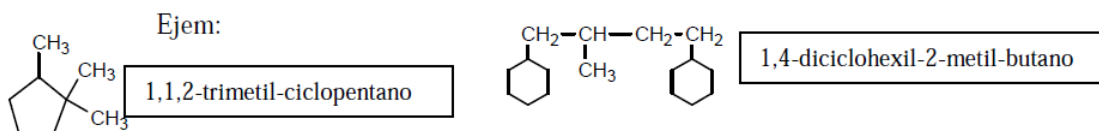


Para alcanos cíclicos sustituidos hay que numerar los carbonos del anillo si hay más de un sustituyente. Se busca una secuencia numérica que asigne los valores más bajos a los sustituyentes. Si son posibles dos de estas secuencias, el orden alfabético de los sustituyentes adquiere prioridad.

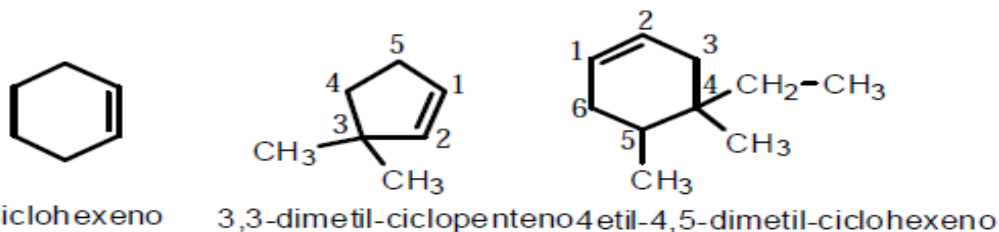


Los radicales derivados de los cicloalcanos se nombran sustituyendo la terminación **-ano** por **-ilo**, igual que los alcanos acíclicos.

Los hidrocarburos con varias cadenas unidas a un núcleo cíclico, se consideran derivadas del compuesto cíclico, mientras que los compuestos con varios ciclos o con varias cadenas laterales y ciclos, se consideran derivados del compuesto no cíclico.



Cuando el doble enlace está integrado en un anillo, se añade el prefijo **ciclo** al nombre del alqueno. El doble enlace tiene preferencia a la hora de numerar.



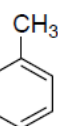
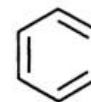
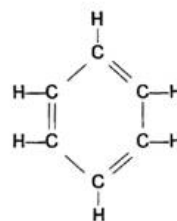
A-4- HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

Son hidrocarburos cíclicos que presentan enlaces simples y dobles alternados, dando lugar a una estructura que es especialmente estable. Se llaman en general **arenos** y los radicales derivados, **radicales arilo**. La mayoría de ellos son derivados del **benceno**. El anillo bencénico es simétrico. Su estructura real es un anillo de 6 átomos de carbono con hibridación sp^2 y una nube π deslocalizada.

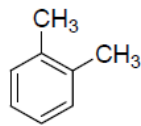
Representaciones del benceno

Pueden ser:

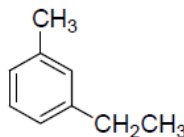
- **Hidrocarburos aromáticos monocíclicos**, cuyo compuesto fundamental es el benceno (C_6H_6). El anillo bencénico puede presentar sustituyentes.



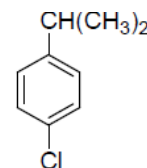
tolueno
metilbenceno



o-dimetilbenceno
1,2-dimetilbenceno

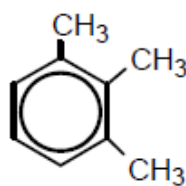


m-etilmetilbenceno
1-etil-3-metilbenceno

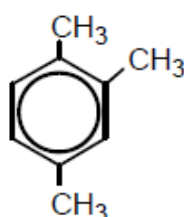


p-cloroisopropilbenceno
1-cloro-4-isopropilbenceno

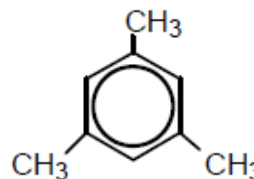
Si tiene tres sustituyentes se procura que reciban los localizadores más bajos posibles, y en el caso de que existan varias opciones la decisión se basará en el orden de preferencia de los radicales (orden alfabético).



1,2,3-trimetil-benceno



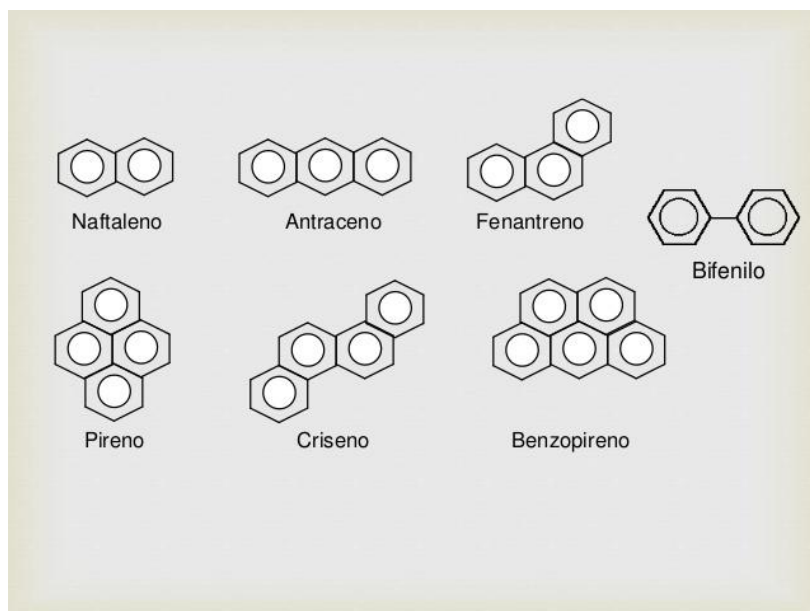
1,2,4-trimetil-benceno



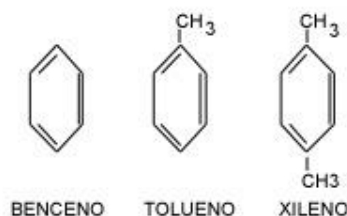
1,3,5-trimetil-benceno

- Cuando el benceno actúa como radical de otra cadena se le denomina **fenil**.

- **Hidrocarburos policíclicos**, que pueden ser aromáticos **condensados**, cuando dos o más anillos aromáticos comparten átomos de carbono. Los más comunes son:



Muchos de estos hidrocarburos son disolventes habituales y se conocen por su nombre común. El xileno puede ser orto (1,2-dimetilbenceno), meta (1,3-dimetilbenceno) o para (1,4-dimetilbenceno).



La figura de benceno, el tolueno y el xileno

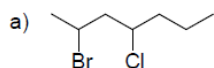
B – DERIVADOS HALOGENADOS

Se trata de compuestos hidrocarbonados en los que se sustituye uno o varios átomos de hidrógeno por uno o varios átomos de halógenos. Se nombran y representan igual que el hidrocarburo del que procede indicando previamente el lugar y nombre del halógeno como si fuera un sustituyente alquílico. Se conservan algunos nombres comunes como el **cloroformo** (triclorometano), CHCl_3 . Otro nombre común es el de cloruro de metilo (clorometano: CH_3Cl).

Ejemplos:

a) 2-bromo-4-cloroheptano

b) 4-clorohex-2-eno



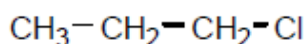
$\text{CH}_3\text{CHBrCH}_2\text{CHClCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHClCH}_2\text{CH}_3$

b) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\overset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

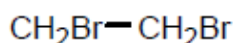
Aunque desde un punto de vista químico los halogenuros de alquilo son muy diferentes a los alcanos, para propósitos de nomenclatura IUPAC son prácticamente iguales. Cada átomo de halógeno se nombra con los prefijos fluoro-, cloro-, bromo- y yodo- y se trata como si fuera otro sustituyente alquílico. Al asignar los localizadores, los halógenos no tienen ninguna prioridad sobre los demás sustituyentes alquílicos de la cadena principal.

En la nomenclatura común de estos compuestos, sus nombres son similares a los de las sales inorgánicas. Esta nomenclatura común, o nombre función-radical, se cita el compuesto como un haluro de alquilo. Es ampliamente utilizada.



1-cloro-propano

cloruro de propilo



1,2-dibromoetano

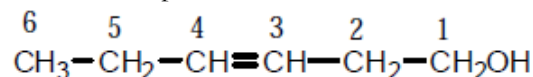
dibromuro de etileno

C – COMPUESTOS OXIGENADOS

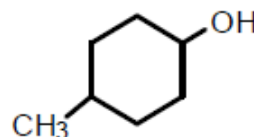
Son compuestos que además de C e H tienen algún átomo de oxígeno en su molécula. Dependiendo de cómo se organicen dan lugar a diversos grupos funcionales: alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, éteres y ácidos carboxílicos.

C.1. ALCOHOLES (R-OH)

- En general se nombran como los hidrocarburos de los que proceden con la terminación **-ol**, indicando la posición del grupo alcohólico con el localizador más bajo posible. En sistemas ramificados complejos, el nombre del alcohol deriva de la cadena más larga que contiene el grupo OH, que no tiene por qué ser la cadena más larga de la molécula.
- Si en la molécula hay más de un grupo OH se utilizan las terminaciones **diol**, **triol**, etc, según el número de grupos hidroxilo que presente. La cadena principal es la más larga que contenga el mayor número de grupos OH.
- A la hora de numerar los carbonos, el grupo hidroxilo tiene prioridad sobre las insaturaciones; sin embargo, serán éstas las que den nombre al compuesto, apareciendo al final la terminación **-ol**.
- Cuando el alcohol no es la función principal, se nombra como sustituyente utilizando el prefijo **hidroxi-**, precedido de su localizador correspondiente.
- En algunos se admite el nombre común que consiste en poner la palabra alcohol y a continuación, el nombre del radical unido al grupo OH, acabado en **-ico**. (Por ejemplo, alcohol etílico es la forma clásica de nombrar al etanol).



3-hexen-1-ol



4-metil-ciclohexanol

Ejemplos:

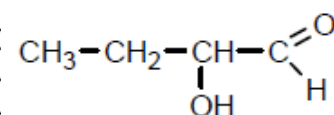
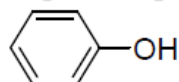
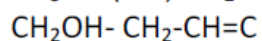
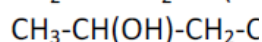
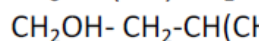
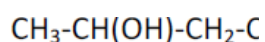
pentan-2-ol

3-metilhexan-1-ol

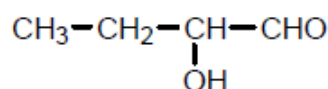
butano-1,3-diol

pent-3-en-1-ol

fenol (hidroxibenceno)



2-hidroxi-butanal, también se escribe:



Desde el punto de vista estructural, el grupo OH puede ir unido a un C primario, secundario o terciario. Esto determinará algunas de sus propiedades químicas.

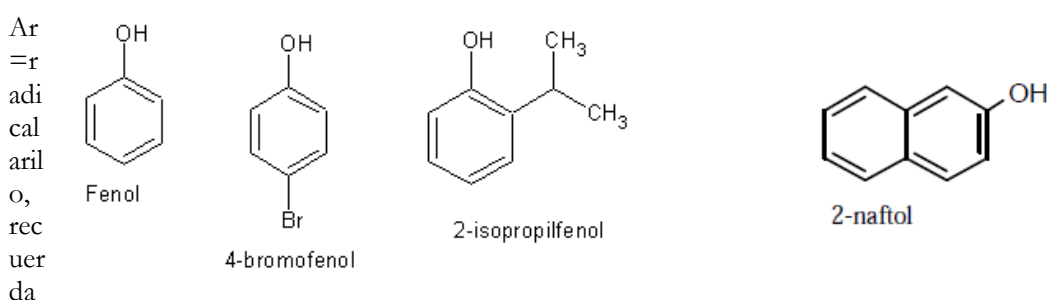
Si tenemos en cuenta la disposición del átomo de oxígeno, los alcoholes pueden considerarse estructuras similares al agua donde uno de los enlaces O-H se ha transformado en un enlace O-C. El átomo de oxígeno adoptará hibridación sp^3 y el ángulo C-O-H será próximo a $104,5^\circ$.

Por esta razón, los alcoholes pueden presentar enlaces de hidrógeno, lo que hace que presenten fuerzas intermoleculares más fuertes que compuestos similares con otro grupo funcional.

Obtención y aplicaciones: Muchos alcoholes son de origen natural pero otros se pueden obtener a partir de diversas reacciones.

- Metanol (CH₃OH):** También conocido como **alcohol metílico**, es el alcohol más sencillo. Tradicionalmente se obtenía de la madera (por destilación de sus astillas) y otros restos vegetales. A escala industrial se obtiene haciendo reaccionar óxidos de carbono con gas hidrógeno.
 Se utiliza como disolvente y para la obtención de **formol (metanal)**, una sustancia que se emplea para la fabricación de polímeros de tipo resinoso y colas.
 No es apto para el consumo humano. Su ingestión, en una bebida o en forma de vapor, puede producir dolores de cabeza, náuseas, ceguera e incluso la muerte. La dosis letal para los humanos está en torno a 0,31 g por kg de masa corporal. Actualmente se estudia su uso como combustible, especialmente en las pilas de combustión.
- Etanol (CH₃CH₂OH):** Conocido como **alcohol común**. Es el alcohol del vino y de las demás bebidas alcohólicas que se obtiene por fermentación de los azúcares en la uva.
 El consumo excesivo de alcohol provoca graves problemas de salud física y psicológica. El límite soportable depende de la edad, sexo y la constitución física de la persona. El alcohol produce dependencia psicofísica y es una de las causas de problemas como la violencia, los accidentes de tráfico, problemas laborales, etc.
 El código de circulación vigente en nuestro país prohíbe conducir vehículos convencionales con una tasa de alcohol en sangre superior a 0,5 g/L o de alcohol en aire expirado superior a 0,25 mg/L; para conductores noveles o de vehículos especiales, esas tasas se reducen hasta 0,3 g/L y 0,15 mg/L, respectivamente.
 Además de su empleo en la industria alimentaria, el etanol se utiliza como disolvente y como desinfectante. Recientemente se ha empezado a investigar su uso como combustible (bioetanol).
- Glicerol (CH₂OH-CHOH-CH₂OH):** Conocido comúnmente como **glicerina**, su nombre químico es **propanotriol**. Es el alcohol que se esterifica con los ácidos grasos y da lugar a los lípidos. Es un buen lubricante, de ahí que se emplee en la obtención de jarabes y productos cosméticos. Se emplea también para la fabricación de nitroglicerina, una sustancia explosiva que se utiliza también para el tratamiento y prevención de las anginas de pecho.

C-2. FENOLES (Ar-OH)



que se llaman así a los radicales derivados del benceno, ya sean monocíclicos o policíclicos. Son por lo tanto los alcoholes derivados del benceno. Se nombran como los alcoholes, con la terminación -ol añadida al nombre del hidrocarburo aromático.

C-3. ÉTERES (R-O-R')

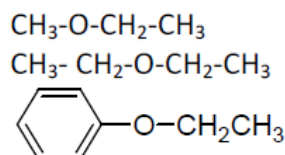
La nomenclatura IUPAC trata los éteres como alcanos con un sustituyente **alcoxi**. Se considera como estructura fundamental al grupo más complejo (R), mientras que el otro (R') se considera como sustituyente y se nombra como alcoxi-alcano (interponiendo el prefijo oxí).

Esta nomenclatura es nueva, y es muy frecuente encontrar otra nomenclatura (también aceptada) en la que se nombra los dos sustituyentes alquílicos por orden alfabético, seguido de la palabra éter.

Ejemplos:

metoxietano
 etoxietano
 etoxibenceno

etil metil éter
 dietil éter
 etil fenil éter

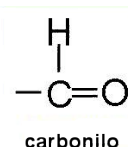


Teniendo en cuenta la disposición del átomo de O, los éteres se pueden considerar estructuras similares al agua donde los dos enlaces O-H se han transformado en enlaces O-C. El átomo de O adoptará por lo tanto, hibridación sp^3 y el ángulo C-O-C será próximo a $104,5^\circ$.

A diferencia de los alcoholes, los éteres no pueden formar enlaces de hidrógeno, lo que hace que presenten fuerzas intermoleculares más débiles que los alcoholes cuya molécula tiene un tamaño similar. Los éteres son sustancias muy volátiles, con bajos puntos de ebullición.

C-4- ALDEHÍDOS (R-CHO)

El grupo funcional es el grupo **carbonilo (-CHO)** →



Ahora es este grupo el que impone la prioridad a la hora de numerar la cadena. Se nombran añadiendo al hidrocarburo correspondiente la terminación **-al**.

Importante: Este grupo se encuentra siempre en un carbono terminal (al principio o al final de la cadena) con lo cual no necesitaremos asociarle un localizador.

Si existen dos grupos $-CHO$ se elegirá como cadena principal la que contiene a dichos grupos y se nombran igual que antes finalizando con el sufijo **-dial**. Si además hay presentes insaturaciones, se les debe asignar los localizadores más bajos.

Cuando el grupo $-CHO$, siendo el grupo principal, se encuentra unido a un ciclo, el nombre se formará con el nombre del ciclo seguido de la terminación **carbaldehído**.

Cuando el grupo $-CHO$ no es el principal se nombra con el prefijo **formil**.

Ejemplos:

3-hidroxiбутanal

hexanodial

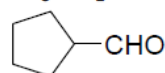
pent-2-enal

ciclopentanocarbaldehído

$CH_3-CH(OH)-CH_2-CHO$

$CHO-CH_2-CH_2-CH_2-CHO$

$CH_3-CH_2-CH=CH-CHO$



Algunos conservan **nombres comunes**:

Metanal o **formaldehído** $HCHO$

Etanal o **acetaldehído**: CH_3CHO

Propanal o propionaldehído: CH_3CH_2CHO

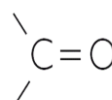
Butanodial o succinaldehído: $CHOCH_2CH_2CHO$

Los aldehídos forman moléculas polares, pero no pueden formar enlaces de H pues, aunque el grupo funcional tiene un átomo de O y otro de H, no están unidos entre sí.

Los aldehídos son sustancias muy olorosas porque sus moléculas son volátiles.

C-5. CETONAS (R-CO-R')

El grupo funcional sigue siendo el grupo carbonilo $-CO-$ →



En las cetonas el grupo carbonilo se encuentra unido a un carbono secundario (nunca irá en los extremos), con lo cual tenemos que localizar su posición cuando sea necesario.

Este grupo es el que impone la prioridad a la hora de numerar la cadena. Se nombran añadiendo la terminación **-ona** al hidrocarburo correspondiente. Si hay más de un grupo carbonilo se utilizan los sufijos **-diona, triona, etc.**

Cuando el grupo carbonilo no es el grupo principal, se nombra con el prefijo **oxo-**.

La cetona más simple conserva su nombre común: **acetona** (CH_3COCH_3) que sería la propanona.

Ejemplos:

butanona ⁽¹⁾

$CH_3-CO-CH_2-CH_3$

pentan-2-ona

$CH_3-CO-CH_2-CH_2-CH_3$

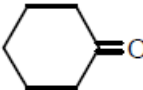
hexano-2,4-diona

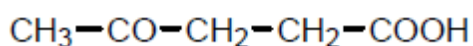
$CH_3-CO-CH_2-CO-CH_2-CH_3$

4-oxoheptanal

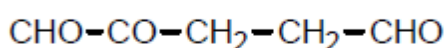
$CHO-CH_2-CH_2-CO-CH_2-CH_2-CH_3$

(1) No es necesario indicar el localizador porque solo existe una butanona.

	N. SUSTITUTIVA	N. FUNCIÓN-RADICAL
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3 \end{array}$	propanona	dimetil-cetona o acetona
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	2-pentanona	metil-propil-cetona
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CO}-\text{CH}_3$	butanodiona	dimetil-dicetona
	ciclohexanona	



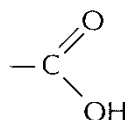
Ácido 4-oxo-pentanoico



2-oxo-pentanodial

C-6. ÁCIDOS CARBOXÍLICOS (R-COOH).

El grupo funcional es el grupo carboxilo: -COOH

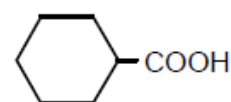


Ahora es el grupo carboxilo el que tiene prioridad a la hora de numerar la cadena. Se nombran anteponiendo al nombre del hidrocarburo terminado en **-oico**, la palabra ácido. Este grupo se encuentra siempre en un extremo de la cadena por lo que no precisa de localizador. Este grupo funcional tiene preferencia sobre los demás que hemos visto. La cadena principal se elige de forma que incluya tantos grupos funcionales como sea posible.

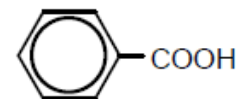
Los ácidos dicarboxílicos se nombran con la terminación **-dioico**.

Los ácidos cíclicos saturados se nombran como ácidos cicloalcanocarboxílicos.

Se mantienen los nombres comunes del **ácido fórmico** (HCOOH : ácido metanoico) y del **ácido acético** (CH₃COOH: ácido etanoico)



ácido ciclohexano-carboxílico



ácido benceno-carboxílico
ácido benzoico

Ejemplos:

HOOCCH₂COOH : Ácido propanodioico

CH≡CCOOH : Ácido propinoico

CH₂=CH-CH₂-COOH : but-3-enoico

CH₃CH(CH₃)CH₂COOH : Ácido 3-metilbutanoico

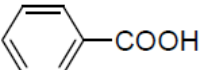
El grupo funcional de los ácidos carboxílicos contiene un enlace -O-H que les permite establecer enlaces de hidrógeno entre sus moléculas. Esto hace que los ácidos carboxílicos tengan puntos de ebullición más elevados que los aldehídos del mismo número de carbonos.

Obtención y aplicación: Los ácidos carboxílicos son ácidos débiles. Algunos se encuentran en la naturaleza en su forma ácida, otros, como sal iónica de esos ácidos, y otros, combinados con radicales, formando ésteres.

El ácido metanoico (HCOOH), se conoce también como ácido fórmico porque lo inyectan las hormigas al picar. Está presente también en las ortigas y es el causante del dolor que produce su contacto. El ácido etanoico (CH₃COOH) o acético, es el ácido del vinagre. Se forma por oxidación del alcohol etílico.

Las sales de ácidos dicarboxílicos como el **malónico** (HOOCCH₂COOH) o propanodioico o el **succínico** (HOOCCH₂CH₂COOH) o butanodioico, están presentes en muchos vegetales. Sus derivados se usan en la fabricación de medicamentos.

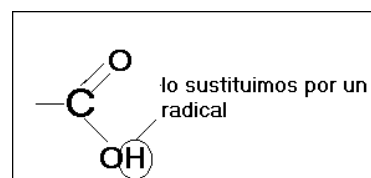
Ejemplos:

ácido butanoico	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -COOH
ácido 3-oxopentanoico	CH ₃ -CH ₂ -CO-CH ₂ -COOH
ácido 2-formilbutanodioico	HOOC-CH(CHO)-CH ₂ -COOH
ácido benzenocarboxílico (ácido benzoico)	

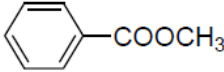

C-7. ÉSTERES (R-COO-R')

El grupo funcional es el grupo carboxilo -COO- en el que el hidrógeno se sustituye por un radical.

Se nombran como alcanosatos de alquilo, es decir, se nombran a partir del ácido del cual derivan, eliminando la palabra ácido, cambiando la terminación -oico por -oato y seguido del nombre del radical que sustituye al H del grupo OH del ácido.



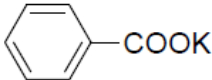
Ejemplos:

etanoato de propilo (acetato de propilo)	CH ₃ COOCH ₂ CH ₂ CH ₃
propanoato de etenilo	CH ₃ CH ₂ COOCH=CH ₂
benzoato de metilo	
butanoato de fenilo	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COO- 

C-8. SALES (R-COO-M)

Las sales orgánicas se nombran como el ácido del cual derivan, eliminando la palabra ácido y cambiando, igual que en los ésteres, la terminación -oico por -oato, seguido del nombre del metal que sustituye al H del grupo -OH del ácido.

Ejemplos:

butanoato de sodio	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -COONa
benzenocarboxilato de potasio (benzoato de potasio)	

D- COMPUESTOS NITROGENADOS

Son compuestos que además de C e H, tienen algún átomo de N en su molécula. Según su organización, dan lugar a distintos grupos funcionales que pueden ser: aminas, amidas, nitrilos y nitrocompuestos.

D.1. AMINAS (R-NH₂)

Se pueden considerar compuestos derivados del amoníaco (NH₃), al sustituir uno, dos o los tres hidrógenos por radicales alquílicos o aromáticos. Así hablamos de **aminas primarias (R-NH₂)**, **secundarias (R-NH-R')** o **terciarias (R-N-R')**

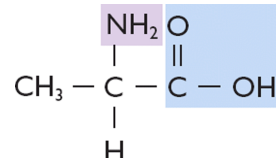
R''

- En las aminas primarias se reemplaza la terminación **o** del alcano por la terminación **amina**. La posición del grupo funcional se indica mediante un localizador que designa el átomo de C al cual está unido, como en los alcoholes.

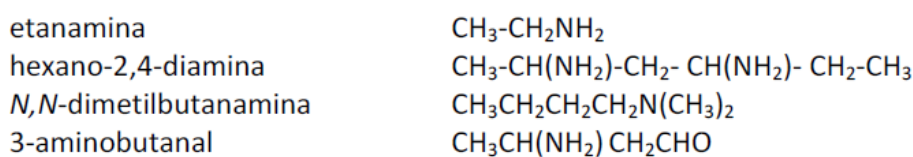
Ejemplos:



- En el caso de aminas secundarias y terciarias, el sustituyente alquílico más complejo del nitrógeno se escoge como raíz. Los demás se nombran usando la letra N- seguida de los sustituyentes adicionales.
- Si la amina no es el grupo principal, entonces se utiliza el prefijo **amino-**, como sustituyente de la cadena: ej: Ácido 2-aminopropanoico

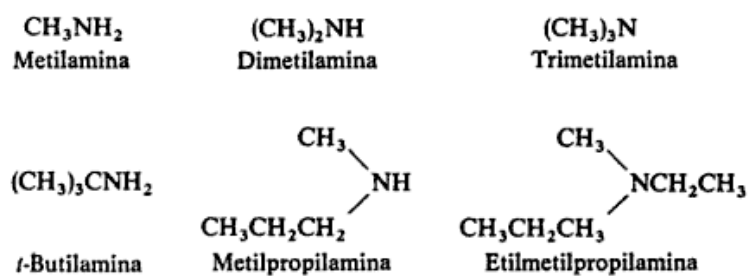


Ejemplos:

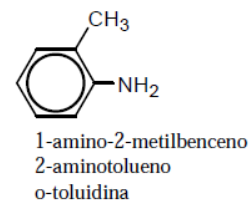
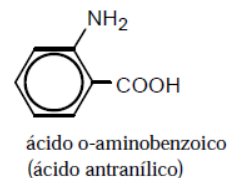
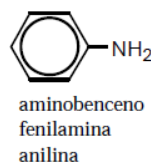
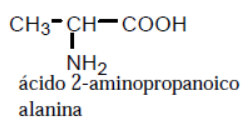
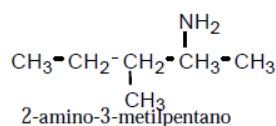


- Muchos nombres comunes se basan en la denominación de **alquilamina**, que consiste en añadir el sufijo amina al nombre del radical. En el caso de aminas secundarias y terciarias, la forma más sencilla es ordenando los radicales unidos al grupo amino alfabéticamente.

Ejemplos:



- En estructuras complejas el grupo **-amino** se considera como un sustituyente más de la cadena principal y se indica su posición mediante un localizador lo más bajo posible.



Las aminas primarias y secundarias tienen puntos de fusión y ebullición superiores a los hidrocarburos, pero inferiores a los respectivos alcoholes, ya que el enlace N-H es menos polar que el O-H. Las aminas terciarias, al no poseer enlace N-H, son más apolares y sus temperaturas de fusión y ebullición son ligeramente mayores que las de los hidrocarburos de similar estructura y masa molecular.

D.2. AMIDAS (R-CONH₂ ; R-CONH-R' ; R-CON-R' R'')

Se pueden considerar procedentes de sustituir el OH de los ácidos por un grupo NH₂ (o NHR₁ o NR₁R₂).

Si la amida es primaria, es decir R-CONH₂, se nombra a partir del ácido del cual deriva, eliminando la palabra ácido, cambiando la terminación **oico** por **amida**. Al ser primaria, se trata de un grupo terminal y por lo tanto no precisa localizador.

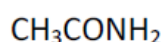
Si el grupo -CONH₂ se encuentra unido a un anillo, siendo grupo principal, entonces se nombra como **carboxamida**.

Si las amidas son secundarias (R-CONHR') o terciarias (R-CONR'R'') los sustituyentes que reemplazan a los hidrógenos se localizan empleando la letra N delante del nombre del sustituyente por orden alfabético. Si es terciaria se antepone N,N.

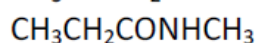
Cuando existen otros grupos funcionales de mayor prioridad se nombra con el prefijo **carbamoil**.

Ejemplos:

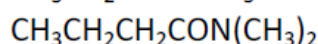
etanamida (acetamida)



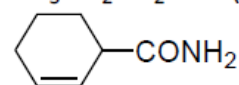
N-metilpropanamida



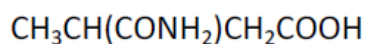
N,N-dimetilbutanamida



ciclohex-2-enocarboxamida



ácido 3-carbamoilbutanoico



Las amidas son compuestos muy polares con puntos de fusión y ebullición superiores a los de los ácidos carboxílicos de los que proceden. Las amidas primarias son sólidos cristalinos excepto la metanamida, que es líquida.

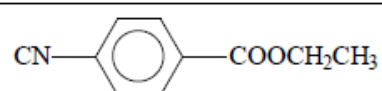
D.3. NITRILOS (R-CN)

Se caracterizan por tener el grupo funcional **ciano** (-C≡N), por lo que a veces también se les denomina cianuros de alquilo.

El grupo -CN es terminal, por lo que debe ir en el extremo de la cadena que se numera igual que en los ácidos carboxílicos. Para nombrar los nitrilos se añade el sufijo **-nitrilo** al nombre del hidrocarburo correspondiente a la cadena carbonada (**alcanonitrilos**). El menor se llama **acetnitrilo** (CH₃CN). En el caso de que haya más de un grupo -CN o bien se encuentre unido a un anillo, se suele emplear el sufijo **-carbonitrilo**.

Cuando existen otros grupos funcionales de mayor prioridad el grupo -CN se nombran con el prefijo **ciano-**.

En sistemas cíclicos se nombran como **cicloalcanonitrilos**.

Nombre	Fórmula
Propanonitrilo (Cianuro de etilo)	CH ₃ CH ₂ CN
Butanodinitrilo	CNCH ₂ CH ₂ CN
4-Hexenonitrilo (Hex-4-enonitrilo)	CNCH ₂ CH ₂ CH=CHCH ₃
2,4,6-Heptanotricarbonitrilo	CH ₃ CH(CN)CH ₂ CH(CN)CH ₂ CH(CN)CH ₃
p-Cianobenzoato de etilo	

3-cianobutanoato de metilo $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CN})\text{CH}_2\text{COOCH}_3$


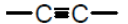
D.4. NITRODERIVADOS (RNO_2)

Los compuestos que contienen grupo NO_2 se designan mediante el prefijo **nitro**. Nunca se considera a dicha función como grupo principal, es decir, siempre se nombra como sustituyente.

Ejemplos:

nitroetano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{NO}_2$
1-nitropent-2-eno	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-NO}_2$
3-nitropropanoato de etilo	$\text{CH}_2(\text{NO}_2)\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
2-cloro-3-nitropropanal	$\text{CH}_2(\text{NO}_2)\text{CHClCHO}$

Tabla resumen para nombrar compuestos heterofuncionales

Grupo Funcional ¹	Fórmula	Sufijo ²	Prefijo ³
ácido carboxílico	-COOH	ácido-oico ácido.....- carboxílico	carboxi-
éster	-COOR	-oato (de R) -carboxilato (de R)	alcoxicarbonil-
amida	-CONH ₂	-amida -carboxamida	carbamoil-
nitrilo	-CN	-nitrilo	ciano-
aldehído	-CHO	-al	formil-
cetona	-CO-	-ona	oxo-
alcohol, fenol	-OH	-ol	hidroxi-
amina	-NH ₂	-amina	amino-
éter	-OR		alcoxi- ((R)-oxi)
alqueno ⁴		-eno	alquenil-
alquino ⁴		-ino	alquinil-

¹ El orden de prioridad disminuye en la columna de arriba abajo (ver página 2 de este documento).
² Usamos el sufijo cuando el grupo funcional tiene mayor prioridad
³ Usamos el prefijo cuando el grupo funcional no es el de mayor prioridad, es decir, lo tratamos como si fuese un sustituyente
⁴ Ver la prioridad de estos dos grupos en el apartado 3 de este documento

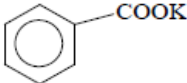
Nota aclaratoria: Los halógenos y el grupo funcional nitro no están incluidos en la tabla puesto que siempre se nombran como sustituyentes. Al ser sustituyentes, en el caso de que hubiese más de uno en una molécula, se ordenan por orden alfabético.

AMPLIACIÓN

1. SALES (R-COOM)

Las sales orgánicas se nombran como el ácido del cual derivan, eliminando la palabra ácido, cambiando la terminación -oico por -oato y seguida del nombre del metal que sustituye al H del grupo -OH del ácido.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Etanoato de sodio (Acetato de sodio)	CH_3COONa
Benzoato de potasio	
2-Butenoato de calcio (But-2-enoato de calcio)	$(\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOO})_2\text{Ca}$

2. PEROXIÁCIDOS (R-COOOH)

Son ácidos carboxílicos que tienen un grupo peróxido en vez del oxígeno individual del grupo -OH. Se nombran como los ácidos correspondientes pero añadiendo delante el prefijo peroxi-. También se permiten algunos nombres tradicionales.

Ej: CH_3COOOH : Ácido peroxietanoico (Ácido paracético)

HCOOOH Ácido peroxifórmico

3. TIOLES

Hay compuestos orgánicos en los que el grupo principal tiene otros elementos diferentes del C, H, O ó N. Entre ellos uno de los más importantes es el **grupo tiol (-HS)**, similar al grupo -OH en la mayoría de sus propiedades, aunque presenta mayor carácter ácido que los alcoholes similares. También es característico su fuerte olor.

Su nomenclatura es similar a la de los alcoholes cambiando el sufijo -ol por el -tiol. Equivalente al prefijo hidroxio- se utiliza el prefijo **mercapto-**.

Entre ellos uno de los más importantes es el metanotiol (CH_3HS) que es la sustancia que se le añade al butano (que es inodoro) para darle el olor característico que nos sirve para reconocer las fugas.