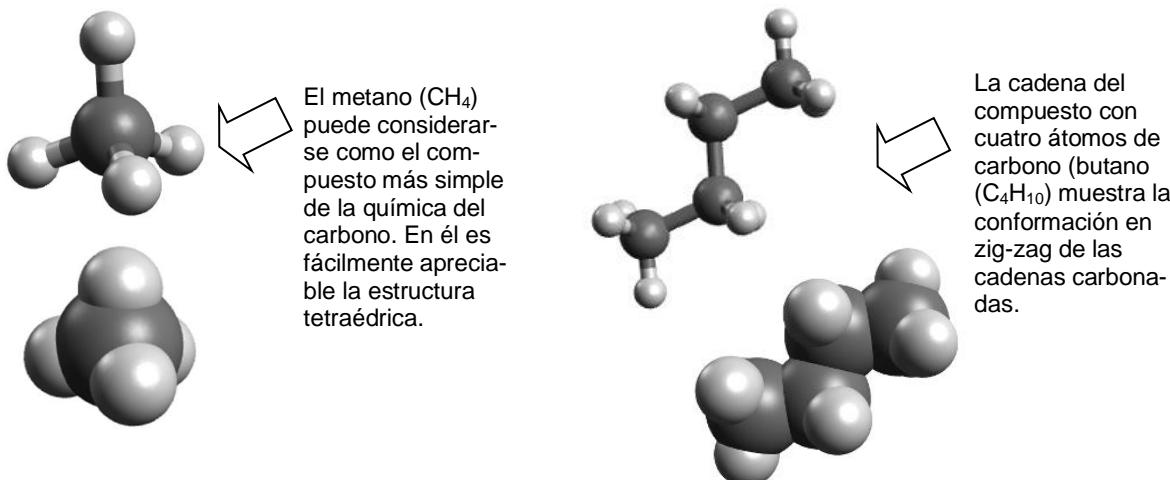


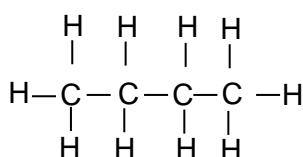
El carbono que debería de tener la estructura electrónica $1s^22s^22p^2$, promociona uno de los electrones del nivel $2s$ al $2p$ y adopta la estructura $1s^22s^12p^3$, lo que le permite compartir cuatro electrones para formar cuatro enlaces covalentes, que compensan con creces el gasto energético del salto electrónico inicial.

Una propiedad característica del carbono, que sólo posee (aunque en mucha menor extensión) el silicio, es **su facilidad para formar enlaces covalentes (apolares) con otros átomos de carbono, lo que le permite formar cadenas muy largas** que pueden ramificarse o ciclarse, y en las que se pueden insertar otros átomos (dando lugar a los "grupos funcionales") dando lugar a una multitud de compuestos cuyo estudio constituye el objeto de la **Química del Carbono**⁽¹⁾

Debido a la configuración tetraédrica del carbono, en sus compuestos con enlaces simples, las cadenas adquieren una estructura con una típica conformación en zig-zag.



Es conveniente tener lo anterior en mente ya que las moléculas orgánicas se suelen representar como si todos los enlaces estuvieran contenidos en el plano del papel (**forma desarrollada**), como cadenas (**forma semidesarrollada**) o, simplemente, como fórmulas compactas, no simplificables, (**fórmulas empíricas**):



Butano. Fórmula desarrollada



Butano. Fórmula semidesarrollada



Butano. Fórmula molecular (no simplificable)

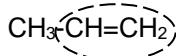
Fórmulas estructurales

Las moléculas pueden tener un átomo o grupos de átomos que les confieran unas propiedades características, son los llamados **grupos funcionales**.

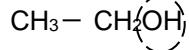
Ejemplos:



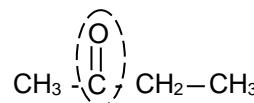
Sin grupo funcional



Doble enlace



Hidroxilo (alcohol)



Carbonilo (cetona)

⁽¹⁾ Se excluyen los compuestos sencillos del carbono: óxidos, carburos, carbonatos... etc que pertenecen al dominio de la Química Inorgánica. La separación entre compuestos inorgánicos y orgánicos (la Química del Carbono también es conocida como Química Orgánica) se debe a Berzelius, quien en 1807 consideró que los productos orgánicos sólo podían ser sintetizados por organismos vivos (mediante la acción de la "fuerza vital"). La síntesis de la urea por Wöhler en 1828 a partir de un compuesto inorgánico (cianato amónico), demostró que la afirmación era errónea.

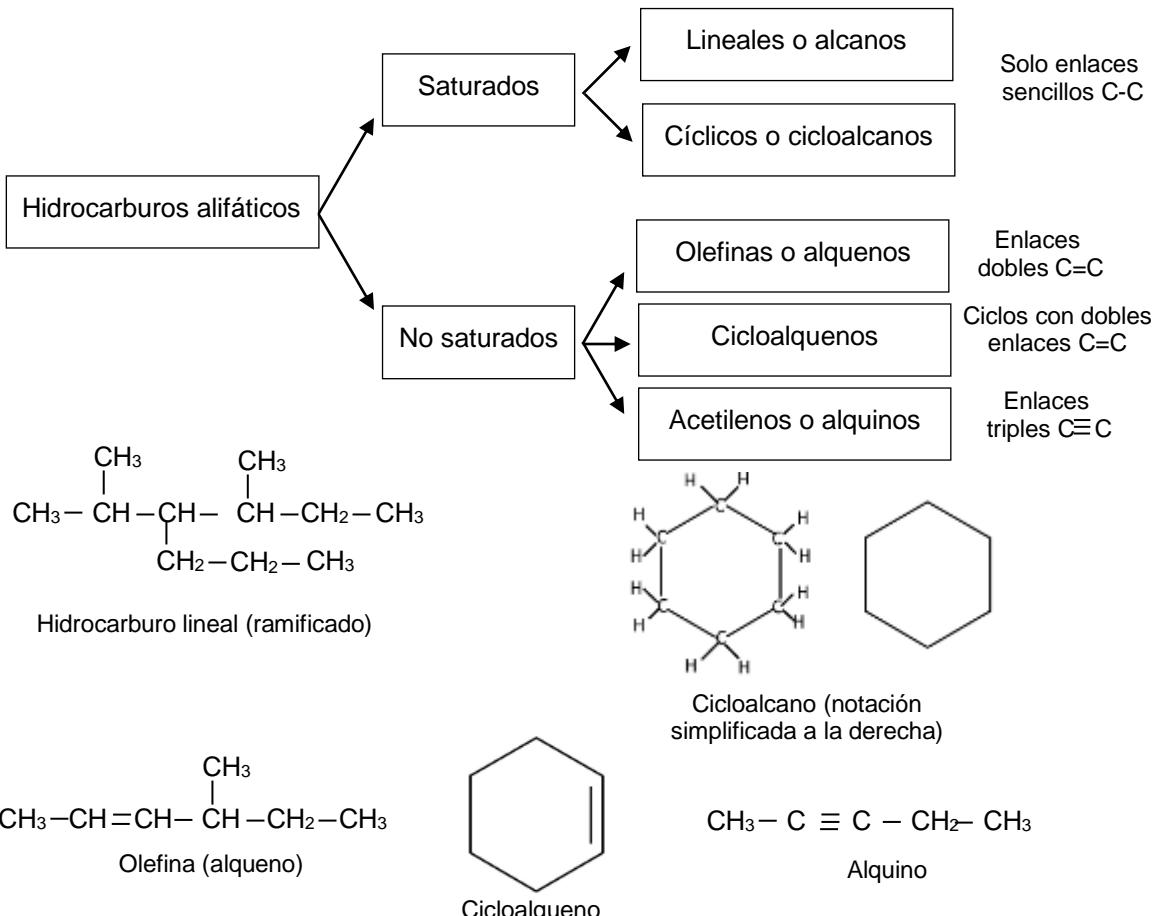
Hidrocarburos

Los hidrocarburos son compuestos constituidos exclusivamente por carbono e hidrógeno. Entre los átomos de carbono pueden existir enlaces simples, dobles o triples. **Constituyen el esqueleto de las moléculas orgánicas.**

Podemos clasificar los hidrocarburos en dos grandes grupos:

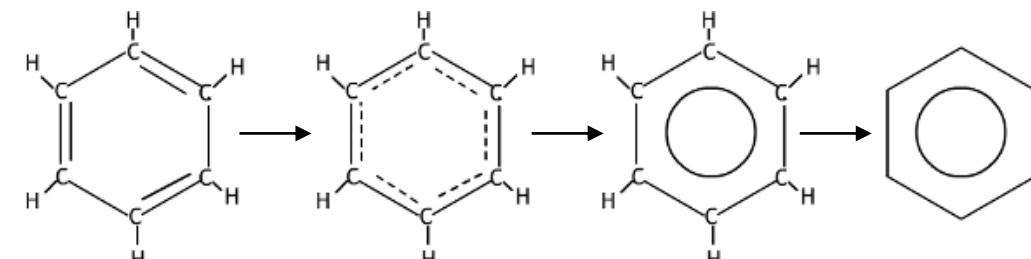
- **Hidrocarburos alifáticos**

Los hidrocarburos alifáticos pueden ser de cadena lineal, cíclicos, saturados o no saturados:



- **Hidrocarburos aromáticos, bencénicos o arenos.**

Los hidrocarburos aromáticos son los derivados del benceno (C_6H_6), cuya singular estructura le confiere unas propiedades características (aromaticidad).



La fórmula del benceno se corresponde con una estructura cíclica con dobles enlaces alternados.

Realmente todos los enlaces son iguales e intermedios entre uno doble y uno sencillo. Los dobles enlaces están deslocalizados.

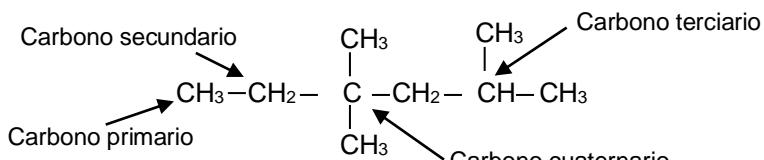
La equivalencia de todos los enlaces se indica con una circunferencia en el interior del anillo.

Estructura simplificada

Hidrocarburos saturados lineales (alcanos)

Los hidrocarburos saturados de cadena lineal tienen de fórmula general C_nH_{2n+2} . Sólo contienen enlaces simples C-C. Pueden ser **de cadena lineal o presentar ramificaciones laterales**.

En una cadena carbonada podemos identificar **carbonos primarios**, o de final de cadena, en los que solo uno de sus enlaces se utiliza para enlazar con otro carbono; **secundarios**, enlazados a dos carbonos; **terciarios**, enlazados a tres carbonos, o **cuaternarios** cuando sus cuatro enlaces son uniones C-C:



Nomenclatura

- Los hidrocarburos de cadena lineal se nombran con un prefijo que indica el número de átomos de carbono de la cadena y **la terminación -ano**, característica de los hidrocarburos saturados.

Los primeros términos de la serie, hasta cuatro átomos de carbono, reciben nombres especiales:

CH_4	Metano	Un conjunto de compuestos que, teniendo el mismo grupo funcional, cada uno de ellos se diferencia del anterior en que posee un grupo $-CH_2-$ (metileno) más, constituyen una serie homóloga .
CH_3-CH_3	Etano	
$CH_3-CH_2-CH_3$	Propano	
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	Butano	
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Pentano	
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Hexano	

A partir de los hidrocarburos podemos obtener los **radicales de alquilo** por pérdida de un hidrógeno (lo que deja un enlace libre). Los radicales de alquilo se nombran igual que los hidrocarburos de los que derivan **cambiando la terminación -ano por -il o -ilo**:

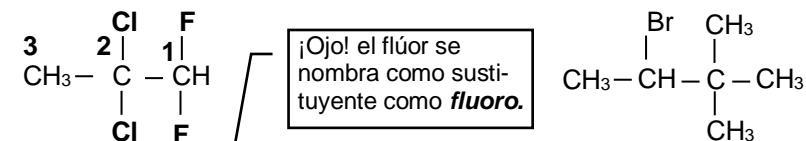
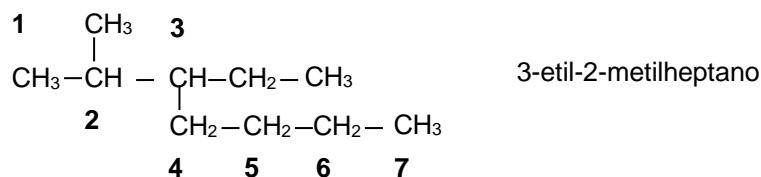
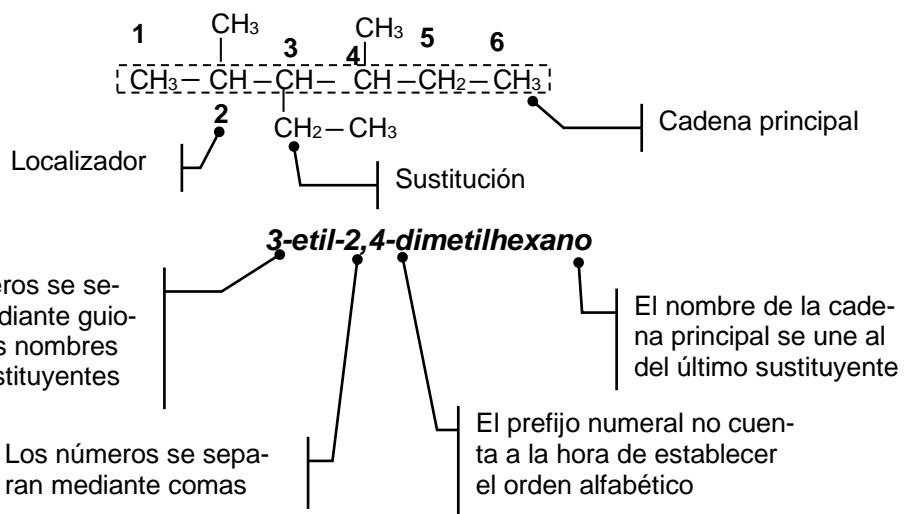
CH_3-	Metil o metilo	
CH_3-CH_2-	Etil o etilo	
$CH_3-CH_2-CH_2-$	Propil o propilo	
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$	Butil o butilo	
	Isopropil	

- Para nombrar hidrocarburos saturados ramificados ese aplican los criterios siguientes:

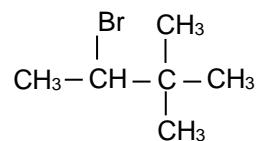
1. **Elegir la cadena principal.** Para ello aplicar, **por orden**, las siguientes normas:
 - La más larga
 - La que tenga mayor número de sustituciones
 - La que tenga los localizadores⁽²⁾ más bajos.
2. **Numerar la cadena principal** comenzando por el extremo más próximo a un sustituyente. Si ambos extremos equidistan del primer sustituyente, proseguir con el segundo hasta encontrar la primera diferencia.
3. **Nombrar los sustituyentes por orden alfabético.** A la hora de clasificar alfabéticamente no se consideran los prefijos numerales (di, tri...) de los sustituyentes simples.
4. **Nombrar la cadena principal.**

Ejemplos:

⁽²⁾ Los localizadores son números que se asignan a los átomos de carbono de la cadena principal. Sirven para indicar la posición de las sustituciones (ramificaciones).

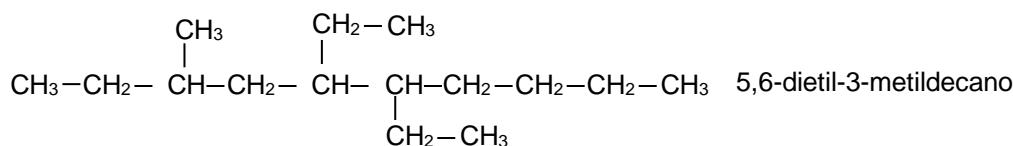
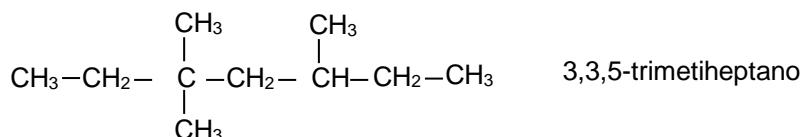


2,2-dicloro-1,1-difluoropropano



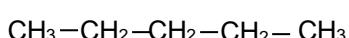
3-bromo-2,2-dimetilbutano

Los hidrocarburos en los que se ha sustituido algún hidrógeno por un halógeno ya no son hidrocarburos en sentido estricto, sino **derivados halogenados** de los hidrocarburos.

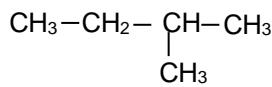


Pueden existir dos compuestos que tengan **idéntica fórmula molecular** y que **sean compuestos distintos (con distintas propiedades)**, debido a que los átomos de carbono están unidos de forma distinta (**tienen una fórmula estructural distinta**). **Este tipo de compuestos se dice que son isómeros**. Una isomería típica de los hidrocarburos es **la isomería de cadena o isomería constitucional**, que es debida a la **distinta disposición de los átomos en la molécula**.

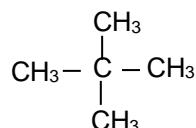
Ejemplos de **isómeros constitucionales o de cadena**:



Pentano



Metilbutano



Dimetilpropano

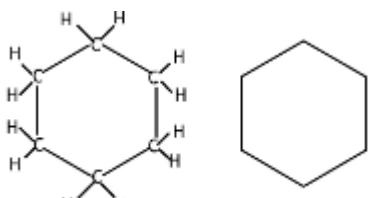
Hidrocarburos saturados cíclicos (cicloalcanos)

En este tipo de hidrocarburos los átomos de carbono se encuentran unidos **formando anillos**.

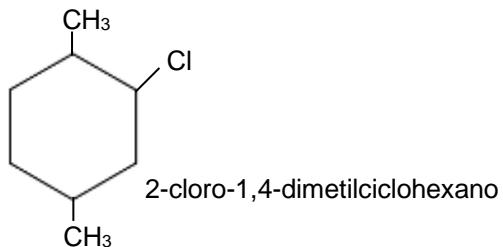
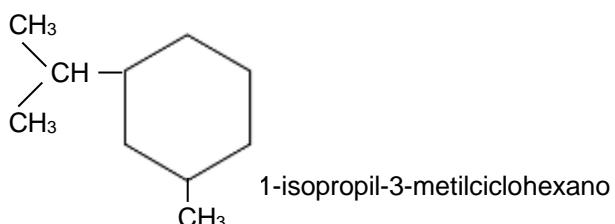
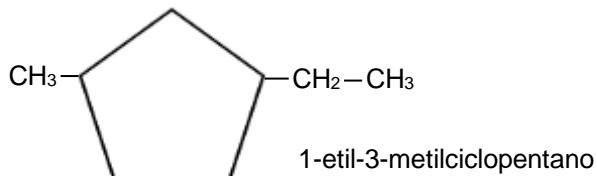
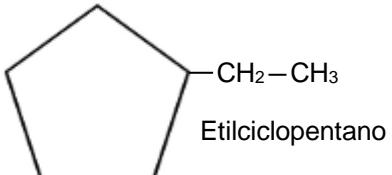
Nomenclatura

- **Los cicloalcanos** se nombran anteponiendo el nombre de los sustituyentes (en orden alfabético) al del hidrocarburo correspondiente con la palabra **ciclo** antepuesta.
- La numeración del ciclo se hace de tal forma que los localizadores sean los más bajos posibles. Si hay duda decide el orden alfabético de los sustituyentes.

Ejemplos:



Ciclohexano
(normalmente se adopta la forma más esquemática de la derecha en la que se los vértices del polígono se supone que están ocupados con C y los correspondientes átomos de H).



Alquenos u olefinas

Grupo funcional: $-\text{C}\equiv\text{C}-$

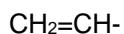
Los alquenos son hidrocarburos no saturados que contienen dobles enlaces carbono-carbono.

Nomenclatura

- **Los alquenos** se nombran igual que los hidrocarburos saturados correspondientes **cambiando la terminación -ano por -eno**.
- En caso de que sea necesario **se especifica la posición del o de los dobles enlaces con un número (localizador). Los localizadores se colocan inmediatamente antes de la terminación característica del compuesto (eno)**.
- **La numeración de la cadena se hace de forma que los localizadores correspondientes a los dobles enlaces tengan los números más bajos posibles.**
- Si el alqueno tiene sustituciones **se toma como cadena principal la que contenga mayor número de dobles enlaces, aunque no sea la más larga.**

El primer término de la serie, el **eteno** $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, se puede nombrar también como **etileno**.

Existen algunos **radicales insaturados que por su importancia conviene conocer:**



Vinil o vinilo



Alil o alilo

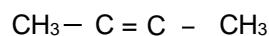
Ejemplos:



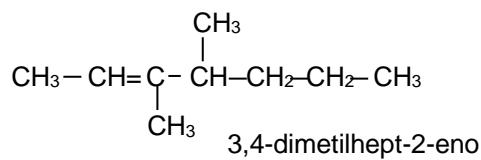
pent-2-eno



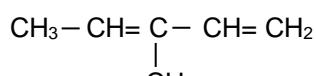
4-metilpent-2-eno



2,3-diclorobut-2-eno

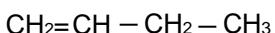


3,4-dimetilhept-2-eno

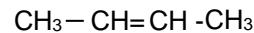


3-metilpenta-1,3-dieno

Los alquenos presentan la llamada **isomería de posición** ya que existen compuestos con idéntica fórmula molecular que difieren **en la posición del grupo funcional (doble enlace) en la molécula**

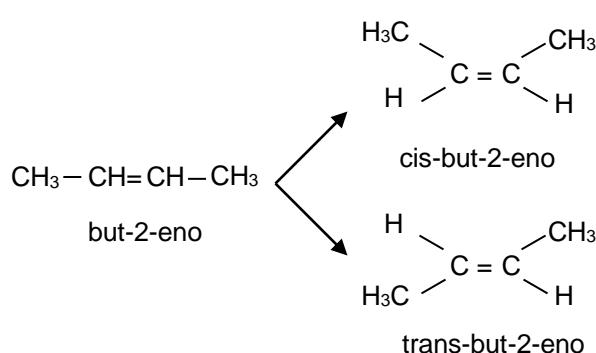


but-1-eno



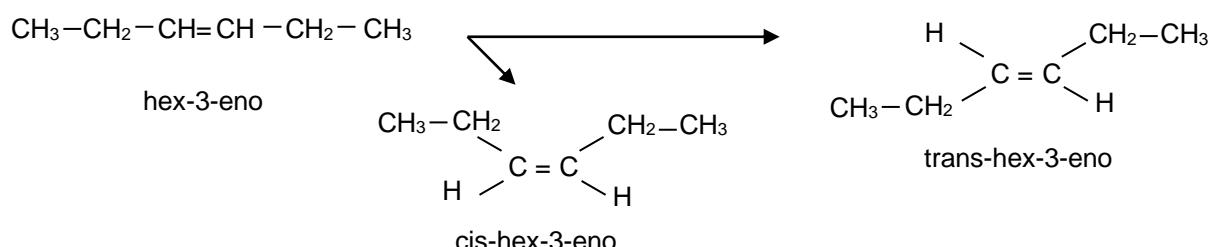
but-2-eno

Debido a la imposibilidad de rotación alrededor del doble enlace los alquenos presentan un tipo de isomería característica llamada **isomería cis-trans o geométrica**. Se presenta cuando los carbonos unidos mediante doble enlace se encuentran, a su vez, enlazados a átomos o grupos atómicos diferentes. Existe entonces la posibilidad de dos compuestos con estructura diferente. En uno de ellos **los grupos idénticos se sitúan en el mismo lado del doble enlace (isómero cis)** y en el otro están situados en **distinto lado (isómero trans)**.



Los isómeros cis-trans del **retinal** tienen un papel clave en el proceso de visión.

Estos isómeros se encuentran en los bastones asociados a una proteína, la rodopsina, que al absorber luz provoca que **el cis-retinal se transforme en trans-retinal** en un tiempo muy corto (10^{-12} s). El cambio de geometría provoca una serie de reacciones químicas que provocan el cierre de los poros por los que iones Na^+ atraviesan la membrana plasmática del bastón, provocando una diferencia de potencial, que se transmite al nervio óptico enviando una señal al cerebro que provoca la sensación de visión.



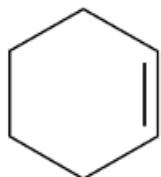
Cicloalquenos

Los cicloalquenos son hidrocarburos insaturados que **poseen uno o más dobles enlaces en su cadena que está, además, ciclada**

Nomenclatura

- **Los cicloalquenos** se nombran igual que los hidrocarburos saturados cíclicos (cicloalcanos), cambiando la terminación **-ano por -eno**.
- **El ciclo se numera de forma que los dobles enlaces tengan los números más bajos posibles. Los localizadores se colocan inmediatamente antes de la terminación característica del compuesto (eno).**

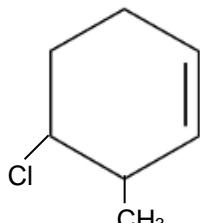
Ejemplos:



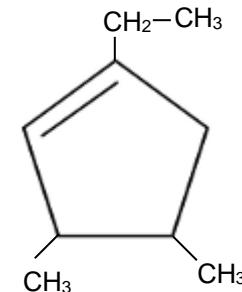
Ciclohexeno



ciclopenta-1,3-dieno



4-cloro-3-metilciclohexeno



1-ethyl-3,4-dimetilciclopenteno

Acetilenos o alquinos

Grupo funcional: $-\text{C}\equiv\text{C}-$

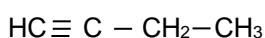
Los alquinos son hidrocarburos insaturados caracterizados **por tener triples enlaces carbono-carbono**.

Nomenclatura

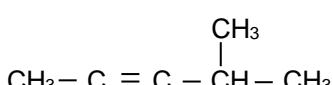
- **Los alquinos** se nombran igual que los hidrocarburos saturados correspondientes, cambiando la terminación **-ano por -ino**. **Los localizadores se colocan inmediatamente antes de la terminación característica del compuesto (ino).**
- **Se elige como cadena principal la que posea más número de triples enlaces.** En caso de duda, se elige como principal la más larga.
- La numeración de la cadena se hará de forma tal que **los triples enlaces tengan los localizadores más bajos**.

El primer término de la serie, el **etino** $\text{CH}\equiv\text{CH}$, se puede nombrar también como **acetileno**.

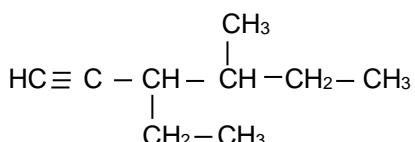
Ejemplos:



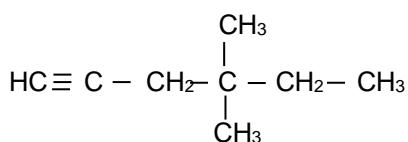
but-1-ino



4-metilpent-2-ino



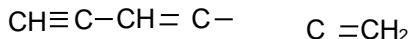
3-etil-4-metilhex-1-ino



4,4-dimetilhex-1-ino

Los hidrocarburos **que contienen dobles y triples enlaces** se nombran siguiendo las normas siguientes:

- Se elige como cadena principal:
 - La que posea mayor número de insaturaciones.
 - La más larga.
 - La que tenga mayor número de enlaces dobles.
 - La cadena principal se numera de tal forma que ***las insaturaciones tengan los números más bajos posibles. En caso de duda, se asignan los números más bajos a los dobles enlaces.***
 - Si hay doble y triples enlaces los compuestos ***se nombran como –eninos***, no como inenos.



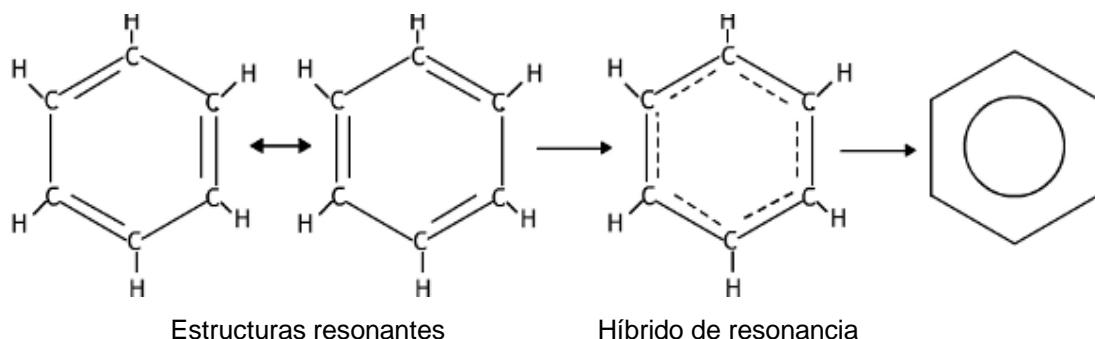
Hidrocarburos aromáticos (bencénicos)

Grupo funcional:



Se denominan compuestos aromáticos al benceno (C_6H_6) y todas aquellas sustancias que por tener núcleos bencénicos en su molécula poseen propiedades químicas similares.

La fórmula del benceno se corresponde con una estructura cíclica con dobles enlaces alternados. Sin embargo los estudios realizados muestran que todos los enlaces C-C del ciclo son iguales e intermedios entre un enlace sencillo y uno doble, pudiendo considerarse como un híbrido de resonancia (mezcla) de varias estructuras posibles, de las cuales las más importantes son las dos representadas a la izquierda. Para representar la equivalencia de todos los enlaces se pinta una circunferencia en el interior del anillo (derecha)

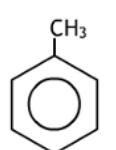


La deslocalización de los electrones de los dobles enlaces sobre todos los átomos de carbono del anillo provoca que exista ***una gran densidad electrónica por encima y por debajo del plano del anillo*** haciendo que los compuestos aromáticos sean especialmente sensibles a ***ataques electrófilos*** (reactivos con carga positiva que atacan, preferentemente, zonas de las moléculas con carga negativa)

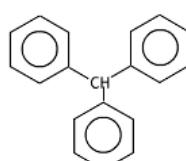


Estructura del anillo bencénico

El anillo de seis átomos de carbono es plano. Por encima y por debajo se localiza una gran densidad electrónica, debido a la deslocalización de los electrones de los dobles enlaces, formando una estructura tipo "sandwich".



Bencénico



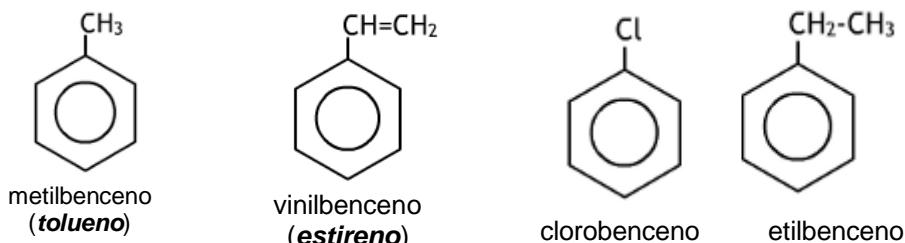
Polibencénico



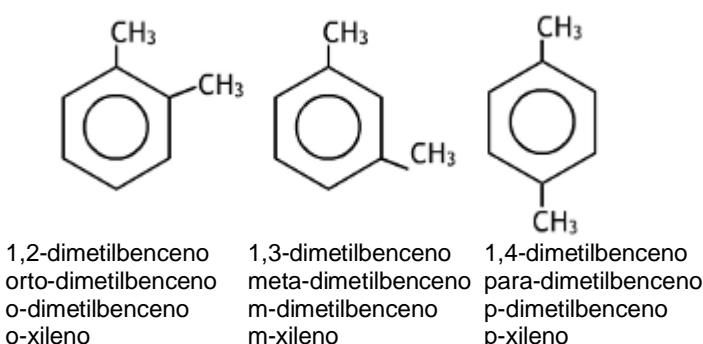
Condensado

Nomenclatura

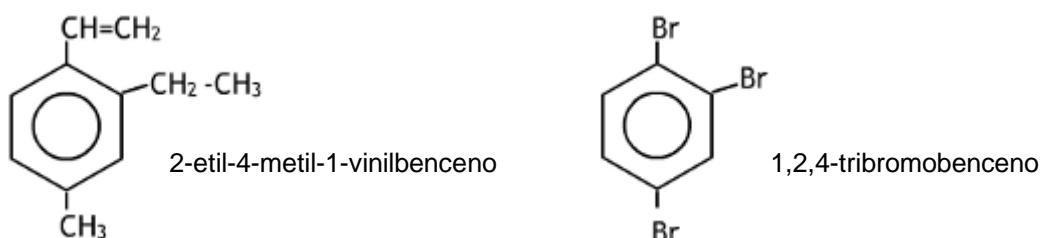
- En los hidrocarburos con un único sustituyente se nombra el radical seguido de la palabra **benceno** (*sin espacio entre ambos*)



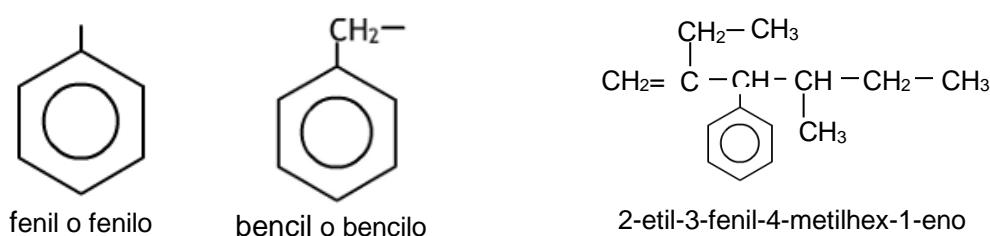
- En los hidrocarburos bencénicos con dos sustituyentes** se fija la posición de estos mediante los números 1,2-, 1,3-, 1,4-; o bien mediante los prefijos orto (o-), meta (m-) y para (p-):



- Los hidrocarburos bencénicos con tres o más sustituyentes** se numeran dando a estos los números más bajos posibles. En caso de que se presenten varias opciones, se numera dando prioridad a los sustituyentes ordenados por orden alfabético:

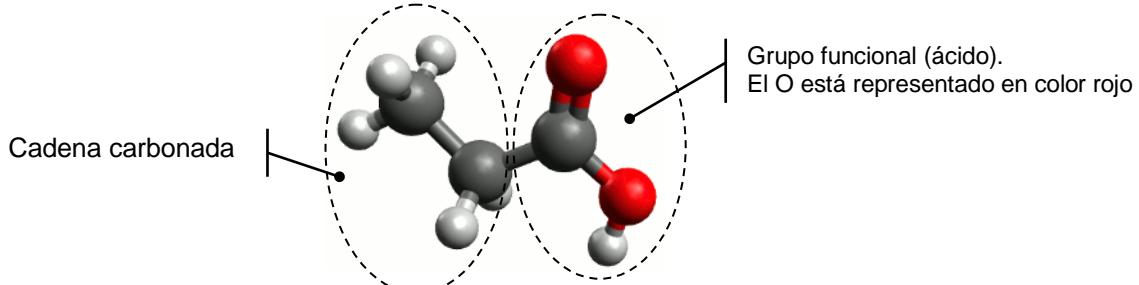


A veces se puede considerar que el benceno se encuentra como sustituyente de una cadena. Entonces hay que tener en cuenta que **el radical del benceno se denomina fenilo y el del tolueno bencilo**:



	Grupos funcionales con oxígeno o nitrógeno	
--	---	--

La parte carbonada constituye el esqueleto fundamental de las moléculas orgánicas. En esta estructura básica se pueden insertar átomos distintos del carbono (principalmente oxígeno y nitrógeno) que forman los **grupos funcionales con oxígeno o nitrógeno**



Es evidente que la introducción de átomos tales como el oxígeno o el nitrógeno va a condicionar la aparición de **centros reactivos en las moléculas**, ya que su elevada electronegatividad va a polarizar los enlaces dando lugar a diversos efectos electrónicos que caracterizarán la reactividad del grupo.

Grupos funcionales que contienen oxígeno: (R o R' indican radicales de alquilo)

- **Alcohol.** El grupo funcional característico es el **grupo hidroxilo**, $-OH$, que puede sustituir a uno de los hidrógenos unidos al carbono: $R-CH_2OH$.
- **Éter.** El grupo funcional de los éteres está constituido **por un átomo de oxígeno enlazado a dos radicales de alquilo**: $R-O-R'$
- **Aldehído o Cetona.** El grupo funcional es el **carbonilo**: **un oxígeno unido mediante un doble enlace al carbono**.

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$

Si la sustitución se realiza en **un carbono de final de cadena, primario**, ($-CH_3$) el compuesto es un **aldehído**.

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$

Si la sustitución se hace en un **carbono secundario** ($-CH_2-$), tendremos una **cetona**.

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$

Acido. El grupo funcional es el **carboxilo**: **combinación de un grupo carbonilo y un hidroxilo sobre un carbono final de cadena (primario)**

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$

Éster. El grupo funcional es el **éster**: **un grupo carboxilo en el que el hidrógeno se ha sustituido por un radical de alquilo**

Grupos funcionales que contienen nitrógeno: (R o R' indican radicales de alquilo)

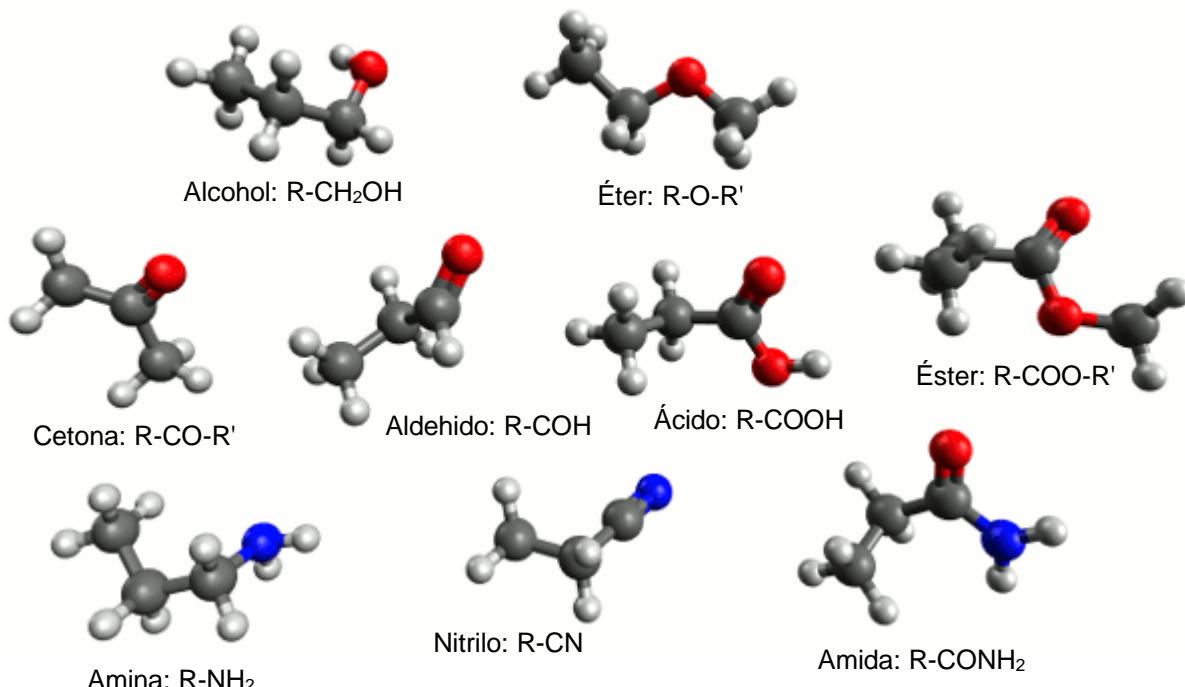
- **Amina.** El grupo funcional característico es el **grupo amina**, $-NH_2$, que puede sustituir a uno de los hidrógenos unidos al carbono: $R-NH_2$
- **Nitrilo.** El grupo funcional es el **nitrilo**, en el que **un nitrógeno se une mediante triple enlace a un carbono (primario)**.

$\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$

Amida. El grupo funcional es el **amida**, en el que **el grupo hidroxilo de un ácido se sustituye por un grupo amina**.

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$

Grupos funcionales con oxígeno o nitrógeno

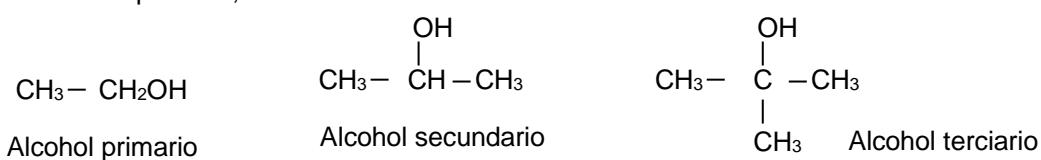


Alcoholes

Grupo funcional: - OH (hidroxilo). Presentan isomería de posición

Los alcoholes resultan de la sustitución de uno o más átomos de hidrógeno de un hidrocarburo por grupos hidroxilo (-OH). Si la sustitución tiene lugar en un hidrocarburo alifático se obtienen los alcoholes propiamente dichos y si es aromático se obtienen los **fenoles**.

Los alcoholes se pueden clasificar en primarios, secundarios o terciarios en función de que el grupo -OH se encuentre unido a un carbono primario, secundario o terciario:

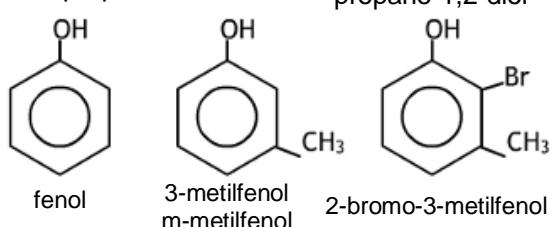
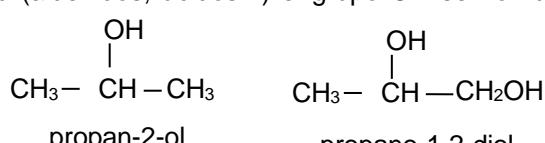
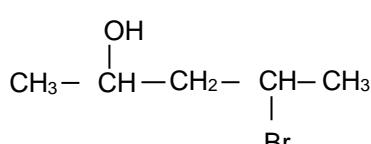


Nomenclatura

- Se nombran añadiendo la **terminación -ol** al hidrocarburo correspondiente.
- **El grupo alcohol tiene preferencia sobre las insaturaciones.** La cadena, por tanto, se numera de forma que los grupos -OH tengan los números más bajos posibles.
- La posición del grupo -OH se indica (si es necesario) mediante un localizador. **Los localizadores se colocan inmediatamente antes de la terminación característica del compuesto (-ol).**
- Cuando en la molécula hay grupos con prioridad (aldehidos, ácidos...) el grupo OH se nombra como sustituyente con la palabra HIDROXI

Ejemplos: CH_3OH Metanol. Alcohol metílico

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ Etanol. Alcohol etílico



Éteres

Grupo funcional: $R-O-R'$ (éter).

En los éteres **un átomo de oxígeno enlaza dos radicales de alquilo: $R-O-R'$**

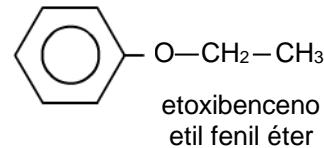
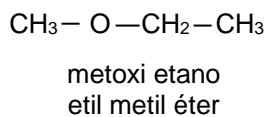
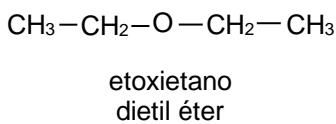
Los éteres se pueden considerar derivados de los hidrocarburos por sustitución de un hidrógeno por el radical $-O-R$ (alcoxi), o bien derivados de los alcoholes si consideramos que el hidrógeno del grupo hidroxilo se ha sustituido por un radical de alquilo.

Si los dos radicales de alquilo son iguales se dice que el éter es simétrico y si son diferentes, asimétrico.

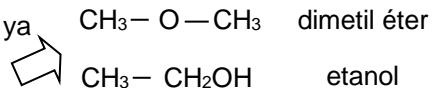
Nomenclatura

- La IUPAC considera los éteres como alkanos con un sustituyente **alcoxi**. Como estructura fundamental se considera al alcano más complejo.
- Se nombran los radicales (por orden alfabético) unidos al átomo de oxígeno seguidos de **la palabra éter**.

Ejemplos:



Los alcoholes y los éteres presentan **isomería de función** ya que pueden presentar la misma fórmula empírica y **tienen distinto grupo funcional** (distinta función química)



Aldehidos y cetonas



Grupo funcional: $-C=O$ (carbonilo).

El grupo carbonilo consta de un oxígeno unido mediante un doble enlace al carbono. Puede estar situado en un carbono primario o en uno secundario



Aldehídos

En los aldehídos el grupo carbonilo se encuentra en un carbono primario: $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$

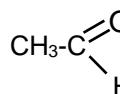
Nomenclatura:

- Los aldehídos tienen preferencia sobre cetonas, alcoholes, éteres e insaturaciones, por lo que **la cadena se empieza a numerar por el extremo en que se encuentra el grupo carbonilo**.
- Se nombran cambiando la terminación del hidrocarburo **por -AL**
- Cuando el grupo $-CHO$ se encuentra unido a un ciclo se nombra con el nombre del ciclo y la palabra **carbaldehído**.

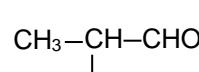
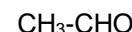
Ejemplos:



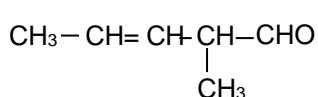
metanal
formaldehído



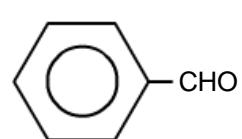
etanal
acetaldehído



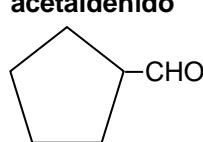
metilpropanal



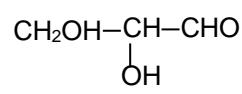
2-metilpent-3-enal



benzaldehído



ciclopentanocarbaldehído



2,3-dihidroxipropanal
gliceraldehído

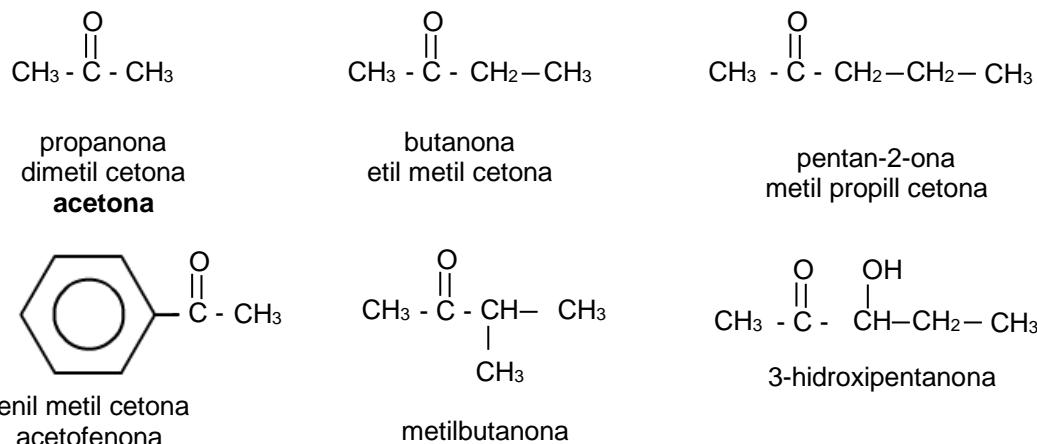
Cetonas

En las cetonas el grupo carbonilo se encuentra en un carbono secundario: R- C=O -R'

Nomenclatura:

- Las cetonas tienen preferencia sobre alcoholes, éteres e insaturaciones, por lo que **la cadena se numera de tal forma que el grupo carbonilo tenga el número más bajo posible**
- Se nombran cambiando la terminación del hidrocarburo **por - ONA o nombrando los radicales unidos al grupo carbonilo (por orden alfabético) seguidos de la palabra CETONA.**
- Cuando el grupo carbonilo está en una cadena y no es el grupo principal se nombra como **OXO**

Ejemplos:



Los aldehídos y las cetonas presentan isomería de función, no de posición, ya que aunque ambos tienen el grupo carbonilo, la función aldehído y la función cetona se consideran diferentes.

Ácidos carboxílicos y sus sales

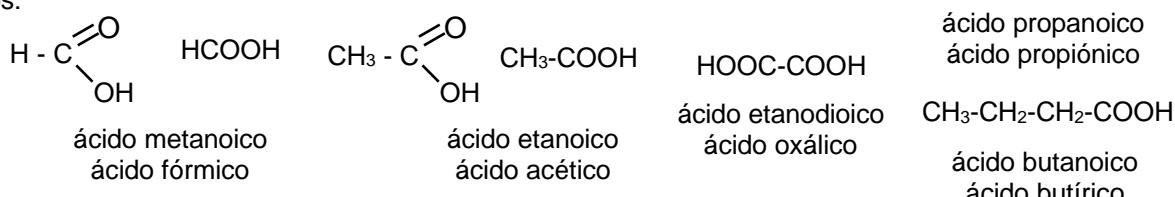
Grupo funcional: R - C(=O)OH (carboxilo).

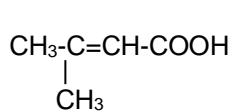
La función ácido se caracteriza por la relativa facilidad con la que el hidrógeno del grupo carboxilo (hidrógeno ácido) puede ser sustituido por metales para formar sales o por radicales de alquilo para formar ésteres.

Nomenclatura:

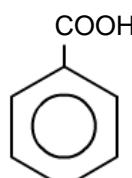
- Los ácidos tienen preferencia sobre todas las funciones orgánicas por lo que **la cadena se empieza a numerar por el extremo en que se encuentra el grupo carboxilo.**
- Se nombran con la palabra **ácido** y cambiando la terminación del hidrocarburo **por - OICO o por - ICO**

Ejemplos:

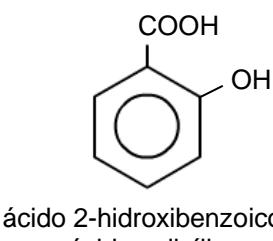




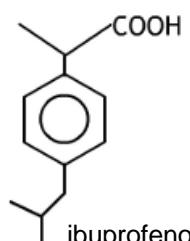
ácido 3-metilbut-2-enoico



ácido benzoico

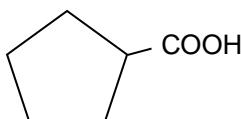


ácido 2-hidroxibenzoico
ácido salicílico

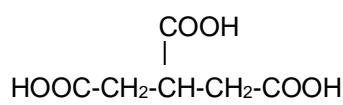


ibuprofeno

- Si la función ácido se localiza en un ciclo, o existen varios grupos ácido en una molécula, se pueden considerar a los grupos carboxílicos como sustituyentes del hidrocarburo, nombrándolos con la palabra **CARBOXÍLICO**.



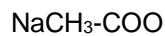
ácido ciclopentanocarboxílico



ácido 1,2,3-propanotricarboxílico

Las sales de los ácidos orgánicos resultan de la sustitución del hidrógeno ácido (el del grupo carboxílico) por un metal. Se nombran cambiando la terminación ICO del ácido por **ATO**, característica de las sales.

Ejemplos:



etanoato de sodio
acetato de sodio



metanoato de calcio
formiato de calcio



propanoato de amonio

Ésteres

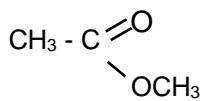


Los ésteres resultan al **sustituir el hidrógeno ácido de los ácidos por un radical de alquilo**.

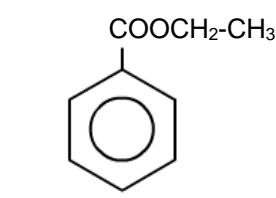
Nomenclatura:

- Se nombran cambiando la terminación ICO del ácido por **ATO**, seguido del nombre del radical que sustituye al átomo de hidrógeno

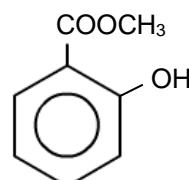
Ejemplos:



etanoato de metilo
acetato de metilo

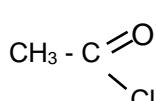


benzoato de etilo

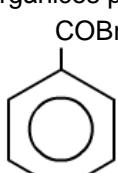
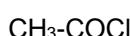


2-hidroxibenzoato de metilo
salicilato de metilo

En los **haluros de ácido** se sustituye el OH de los ácidos orgánicos por un halógeno:



cloruro de acetilo



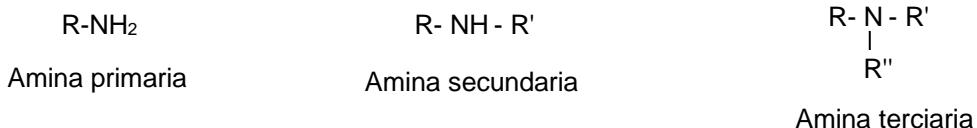
bromuro de benzilo

Aminas

Grupo funcional: R- NH₂

Las aminas pueden considerarse como **derivados de los hidrocarburos** al sustituir un átomo de hidrógeno por el **grupo -NH₂ (amino)**. También **pueden considerarse derivados del amoniaco (NH₃) al sustituir sus hidrógenos por radicales de alquilo**.

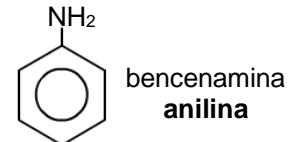
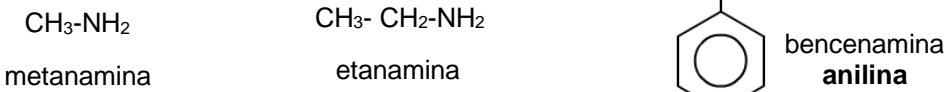
Según el número de hidrógenos sustituidos podemos tener aminas primarias, secundarias o terciarias:



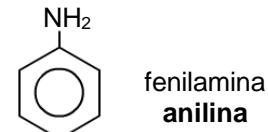
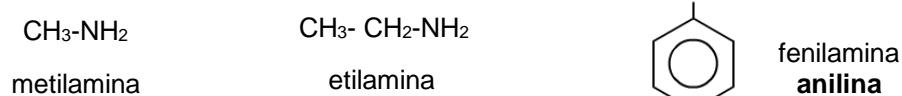
Nomenclatura:

- Considerándolas derivados de los hidrocarburos, las aminas primarias se nombran **reemplazando la terminación o del alcano por AMINA (recomendación IUPAC)**.

Ejemplos:

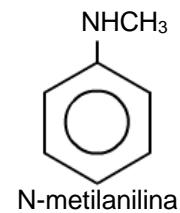
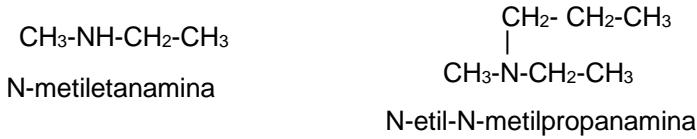


- Si las consideramos derivados del amoniaco **se nombran con el nombre del radical de alquilo y la palabra AMINA** (admitido por la IUPAC):

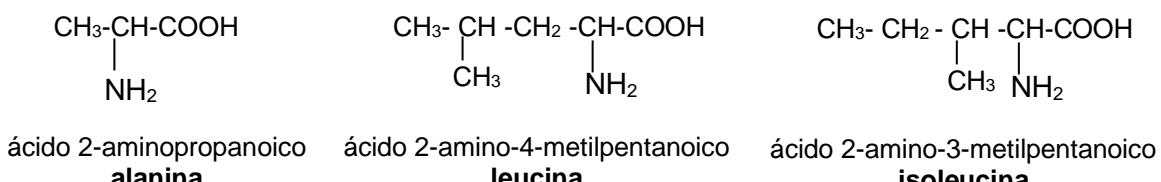


- Las aminas secundarias y terciarias se nombran tomando como amina el radical más complejo y los otros, considerados sustituyentes, se nombran anteponiendo una N- a los nombres de los radicales correspondientes. Si uno de los radicales es el fenilo, en general, se toma la anilina como amina base.

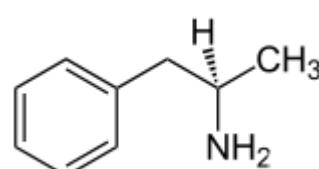
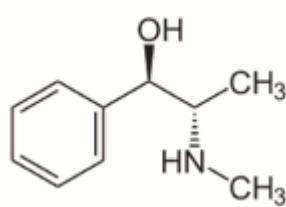
Ejemplos:



- Cualquier función oxigenada tiene preferencia sobre las aminas (por ejemplo los ácidos). Cuando la función amina está como radical se nombran como **AMINO**.



La efedrina es una amina a partir de la cual se sintetizan las anfetaminas



Nitrilos

Grupo funcional: R - C≡N

Los nitrilos o cianuros podemos considerarlos **derivados del ácido cianhídrico (HCN)** al sustituir el H por radicales de alquilo (**cianuros de alquilo**) o como **derivados de los hidrocarburos** al sustituir un átomo de hidrógeno por el **grupo -CN (ciano)**.

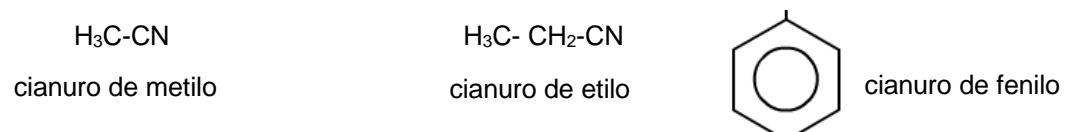
Nomenclatura:

Se pueden nombrar de tres formas distintas:

- Como derivados de los hidrocarburos: añadiendo la palabra **NITRILO** al nombre del hidrocarburo con igual número de átomos de carbono (incluyendo el carbono del grupo CN)



- Como derivados del ácido cianhídrico (HCN): palabra **cianuro** seguida del nombre del radical de alquilo que sustituye al hidrógeno ácido.



- Considerando que los ácidos carboxílicos pueden obtenerse a partir de los nitrilos por hidrólisis (RCN + H₂O → R-COOH) los nitrilos se pueden nombrar cambiando la terminación ico del ácido de igual número de átomos de carbono (incluyendo el del grupo CN) por **NITRILO**.



- Solo los ácidos y sus derivados tienen preferencia sobre los nitrilos. Cuando el grupo nitrilo se nombra como sustituyente se nombra como **CIANO**



Amidas



Grupo funcional: R- C(=O) - NH₂

Las amidas se consideran derivados de los ácidos carboxílicos en los que se ha sustituido el grupo OH del grupo carboxílico por un grupo **-NH₂**

Nomenclatura:

- Se nombran cambiando la terminación oico o ico de los ácidos por **AMIDA**



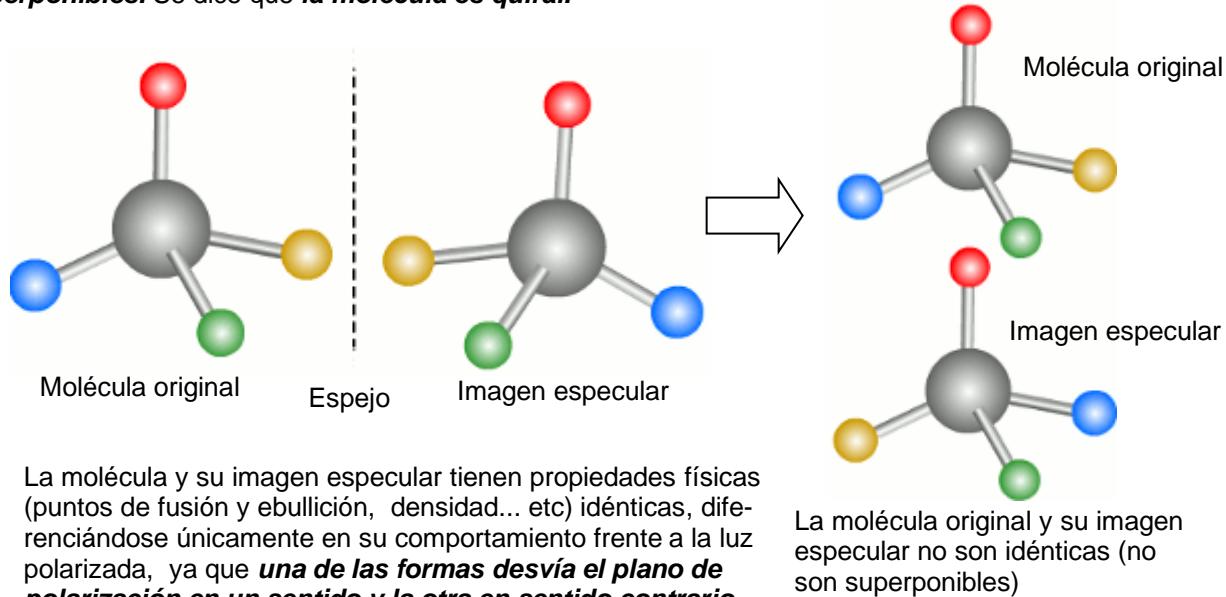
Orden de preferencia de los grupos en compuestos polifuncionales

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

Isomería óptica

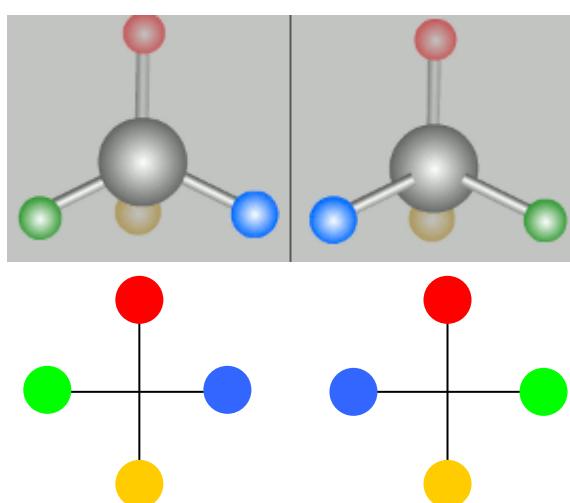
~~Ampliación~~

Si consideramos una molécula (ver figura) en la que **el carbono se une a cuatro sustituyentes distintos** observamos que **su imagen especular no es idéntica a la molécula original ya que ambas no son superponibles**. Se dice que **la molécula es quiral**.



Para que una molécula sea quiral debe de tener un **carbono asimétrico o carbono estereogénico. Esto es, un carbono unido a cuatro grupos distintos.**

Cuando una molécula es quiral se dice que presenta **isomería óptica o esteroisomería** y los isómeros ópticos que son imágenes especulares uno del otro reciben el nombre de **enantiomorfos**.



Proyecciones de Fischer de las moléculas situadas en la imagen superior

Con el fin de facilitar la representación en el plano se utilizan las **proyecciones de Fischer**.

Si nos imaginamos a la molécula situada frente a nosotros (ver imagen), dos de los sustituyentes enlazados al carbono quedarán situados por encima del plano del papel (azul y verde) y los otros dos (amarillo y rojo), por detrás. Si los proy

ectamos sobre el plano quedarán en la forma en que se muestra en la imagen situada debajo, en la que se puede observar la relación especular entre ambas formas.

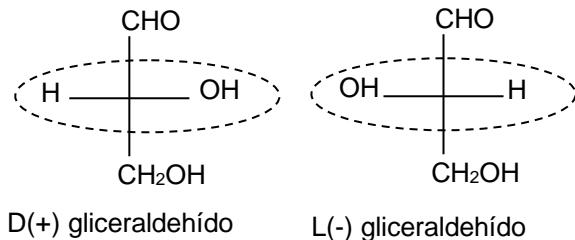
Las proyecciones de Fischer pueden ser rotadas o trasladadas *en el plano, pero no se pueden efectuar rotaciones que impliquen que los átomos se salgan del plano del papel.*

Observar que los carbonos no se representan y están situados en la intersección de las líneas horizontales y verticales.

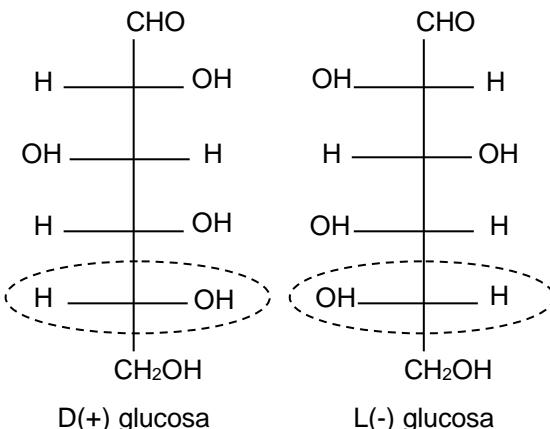
Aunque los enantiomorfos por separado presentan actividad óptica (desvían el plano de polarización de la luz determinados grados, un isómero a la derecha y el otro a la izquierda), si preparamos una mezcla equimolecular de ambos, **la mezcla será ópticamente inactiva** (no desviará el plano de polarización de la luz), ya que la desviación causada por las moléculas de uno de los isómeros es compensada por las del otro isómero. Tenemos entonces una **mezcla racémica**, inactiva ópticamente por **compensación externa**.

Los isómeros ópticos se distinguen incluyendo entre paréntesis **un signo positivo** que indica que la desviación del plano de polarización se realiza **hacia la derecha (forma dextrógira)** o **negativo, hacia la izquierda (forma levógira)**.

Fischer tomó como referencia en sus estudios la molécula de **gliceraldehído** (2,3-dihidroxipropanal) y asignó **la letra D a la que tiene el grupo OH a la derecha y la letra L a la que tiene el grupo OH a la izquierda. Los símbolos D y L, por tanto, hacen referencia a la disposición de los grupos OH en el gliceraldehído, no al carácter dextrógiro o levógiro de las moléculas** (que se indica con el signo + ó -)

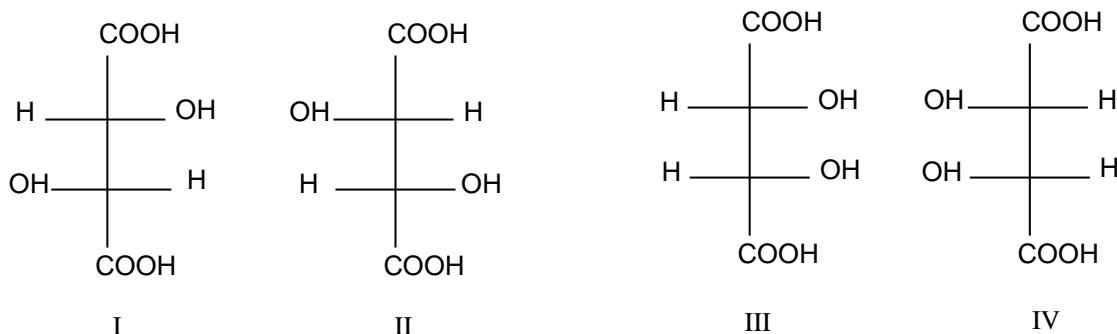


Los símbolos D y L hacen referencia a la disposición de los grupos OH tomando como referencia el gliceraldehído



Las moléculas que tengan más de un carbono asimétrico requieren una nueva discusión.

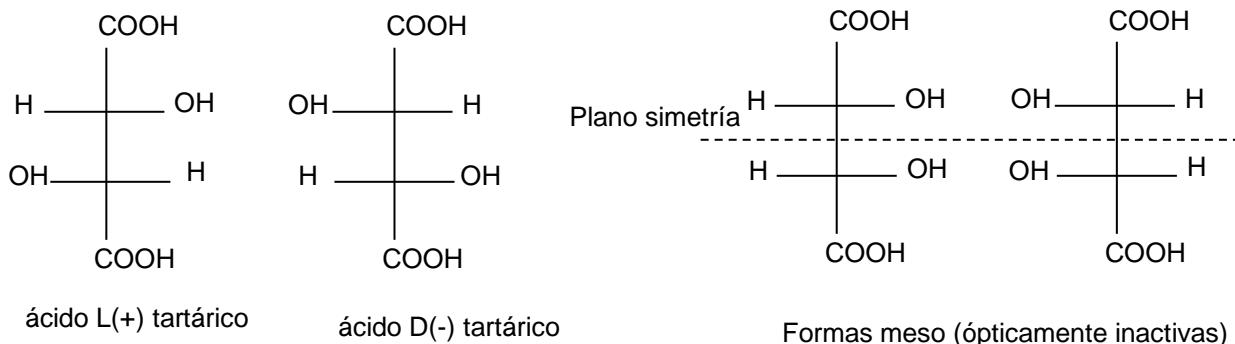
El ácido tartárico (2,3-dihidroxibutanodioico), por ejemplo, posee dos carbonos asimétricos, por lo que da lugar a cuatro isómeros (en general si n es el número de carbonos asimétricos, tendremos 2^n isómeros) que se muestran en la figura



I y II son enantiomorfos (imágenes especulares), lo mismo que III y IV.

I y III, por ejemplo, son isómeros, pero no enantiomorfos. **Los isómeros ópticos que no son imágenes especulares reciben el nombre de diasteroisómeros.**

Las formas III y IV son ópticamente inactivas ya que poseen un plano de simetría y la actividad levógira de una parte queda compensada con la dextrógiro de la otra. Son las llamadas **formas meso, que son ópticamente inactivas por compensación interna.**



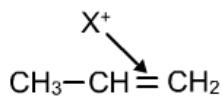
	Compuestos orgánicos y reactividad	
--	---	--

El hecho de que el carbono posea una electronegatividad (2,55), intermedia entre el valor máximo (3,98 para el flúor) y el mínimo (1,00 para el Cs), nos indica que los enlaces con los demás elementos van a tener carácter eminentemente covalente (con una polaridad moderada), lo que implica que los compuestos orgánicos serán, en general, poco reactivos (reacciones lentas que es necesario acelerar mediante el empleo de catalizadores o elevando la temperatura).

Si las moléculas poseen centros reactivos en su estructura (acumulación de electrones, aparición de zonas en las que se produce la aparición de cargas eléctricas...etc) los ataques de los reactivos se producirán con preferencia en esas zonas.

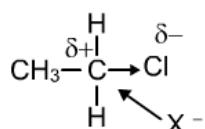
De manera general podemos clasificar los reactivos en dos grandes grupos:

- **Reactivos electrófilos.** Especies **con carga positiva** que atacan, preferentemente, zonas de la molécula en las que existe **carga negativa**.



Ataque electrófilo. La existencia de un doble enlace significa la acumulación de electrones en esa zona lo que provoca la orientación del ataque electrófilo.

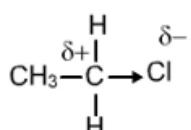
- **Reactivos nucleófilos.** Especies con **carga negativa** que atacan, preferentemente, zonas de la molécula en las que existe **carga positiva**.



Ataque nucleófilo. La presencia del cloro polariza el enlace C-Cl originando la aparición de carga positiva sobre el átomo de carbono, lo que orienta el ataque del reactivo nucleófilo.

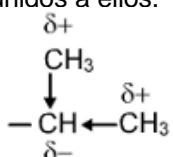
Efectos que provocan la aparición de centros reactivos en las moléculas.

- **Efecto inductivo.** Debido a la diferencia de electronegatividad de los heteroátomos (oxígeno, halógenos...) presentes en la molécula el enlace se polariza **quedando el carbono con una carga parcial positiva. lo que favorece ataques nucleófilos.**



Efecto inductivo (- I). El cloro, debido a su mayor electronegatividad, atrae los electrones hacia sí, dejando el carbono con cierta carga parcial positiva.

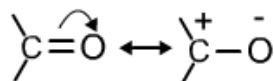
Los grupos metilo tienen un efecto inductivo inverso tendiendo a dar electrones a los carbonos unidos a ellos.



Efecto inductivo (+ I). El metilo desplaza electrones hacia el carbono que queda con cierta carga parcial negativa.

- **Efecto mesómero o resonante**

Las moléculas que tienen oxígenos enlazados mediante doble enlace puede considerarse que son **híbridos de resonancia** (mezcla de estructuras) entre la estructura con doble enlace y otra en la que existen cargas netas sobre el C y el O. El resultado es la presencia de una carga parcial positiva sobre el átomo de C y una negativa sobre el oxígeno.



Reactividad de los compuestos orgánicos

Hidrocarburos saturados

Los compuestos orgánicos en los que solo existen enlaces simples C-C o C-H⁽¹⁾ no presentan centros reactivos en su molécula ya que la covalencia de los enlaces es prácticamente perfecta, por esta razón **los hidrocarburos saturados presentan una inercia reaccional considerable**.

Solo reaccionan si se les somete a condiciones drásticas (presión y temperatura elevadas), obteniéndose mezclas de productos debido a que la reacción se puede producir en cualquier punto de la molécula.

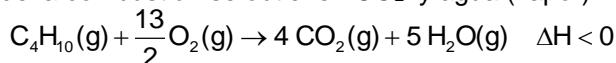
Los cuatro primeros términos de la serie (metano, etano, propano y butano) son gaseosos a temperatura ordinaria; del pentano al hexadecano son líquidos y a partir de ahí, sólidos.

Debido a la ausencia de polaridad de sus enlaces **son insolubles en agua y en disolventes polares**.

Algunas reacciones características:

- **Combustión.** Es, probablemente, la reacción más importante, ya que las reacciones de combustión, una vez iniciadas, desprenden una gran cantidad de energía, por lo que los hidrocarburos son utilizados como fuente de energía.

Como productos de la combustión se obtienen CO₂ y agua (vapor)

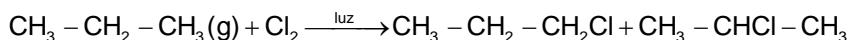


- **Pirólisis o craqueo.** Consiste en romper las moléculas de los hidrocarburos para obtener compuestos con cadenas más cortas. Se realiza a temperaturas elevadas (craqueo térmico) o empleando catalizadores (craqueo catalítico).

El craqueo tiene gran importancia industrial. Es la técnica utilizada en la industria petroquímica para obtener gasolinas a partir del petróleo (que contiene hidrocarburos de cadena más larga).

- **Halogenación.** Los derivados halogenados de los hidrocarburos son importantes ya que se utilizan como disolventes y como productos intermedios en síntesis orgánicas.

La reacción tiene lugar a temperaturas elevadas y requiere el uso de luz ultravioleta. Como productos se obtiene una mezcla de derivados halogenados:



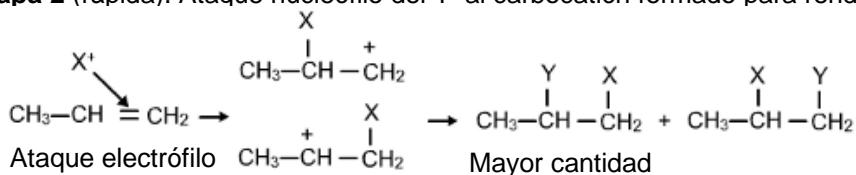
Alquenos (y alquinos)

La presencia de enlaces múltiples (dobles o triples) introduce en la molécula una zona en la que existe una acumulación de electrones (cargas negativas), razón por la que **las insaturaciones actúan como centros de ataque frente a reactivos electrófilos**.

- Los compuestos tipo XY (donde Y es más electronegativo que X, por ejemplo HCl) se adicionan al doble enlace según un proceso denominado **adicción electrófila** que vamos a considerar dividido en dos etapas⁽²⁾:

Etapa 1 (lenta). Ataque electrófilo al doble enlace. **De los dos posibles cationes se obtiene, casi exclusivamente, el que está situado sobre el carbono más sustituido (el que esté unido a menos hidrógenos)**⁽³⁾, ya que la carga del carbocatión se puede deslocalizar entre más átomos, estabilizándose, y por tanto se forma preferentemente al otro carbocatión, más inestable.

Etapa 2 (rápida). Ataque nucleófilo del Y⁻ al carbocatión formado para rendir el producto final

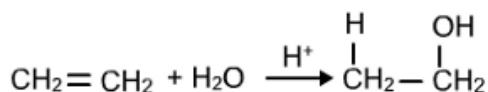


⁽¹⁾ La electronegatividad del carbono es 2,55 y la del hidrógeno 2,20, prácticamente igual.

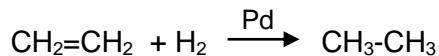
⁽²⁾ Algunas veces ocurre según un proceso concertado en una única etapa.

⁽³⁾ Enunciado conocido como regla de Markovnikov.

Una reacción de este tipo es la **adición de agua al doble enlace para dar alcoholes**. Es necesario la presencia de un ácido que actúa como catalizador:



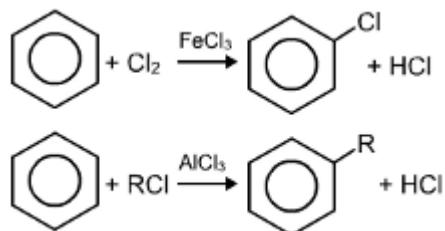
- **Adición de hidrógeno.** El hidrógeno se adiciona a las insaturaciones para dar hidrocarburos saturados. Es necesario la presencia de un catalizador metálico (Ni, Pt o Pd) finamente dividido que adsorbe el hidrógeno gaseoso sobre su superficie haciendo posible la reacción:



En el caso de los alquinos la hidrogenación puede dar el alqueno correspondiente (hidrogenación parcial) o el alcano si la hidrogenación continúa.

Hidrocarburos aromáticos

Debido a la singular estructura del benceno (con una nube electrónica situada por encima y por debajo del plano del anillo), los compuestos aromáticos son especialmente sensibles a **ataques electrófilos**. De ahí que las reacciones más comunes de estos compuestos se agrupen bajo el nombre de **reacciones de sustitución electrófila**. En ellas uno o más átomos de hidrógeno del anillo son sustituidos por otros átomos o grupos de átomos:

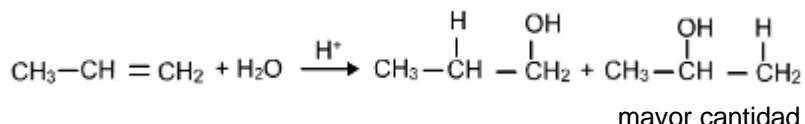


Ejemplo 1 (Oviedo. 2012-2013)

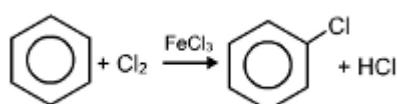
Para las siguientes reacciones: a) alqueno + agua (en medio ácido); b) benceno + cloro (gas) (en presencia de catalizador), indique el tipo de reacción orgánica a que pertenece cada una y el tipo de producto que se obtiene en cada caso.

Solución:

La reacción entre un alqueno y agua en medio ácido es una típica reacción de adición electrófila al doble enlace para dar alcoholes. Si el alqueno es asimétrico se obtienen mezclas de alcoholes, obteniéndose mayor cantidad del alcohol más sustituido (regla de Markovnikov):



La reacción de benceno con cloro (en presencia de un catalizador) es una típica reacción de sustitución electrófila, obteniéndose derivados halogenados del benceno :

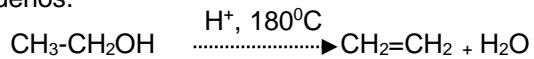


Alcoholes

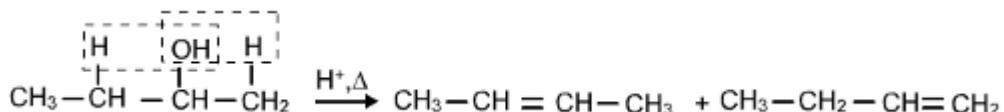
La presencia del grupo hidroxilo (-OH) otorga a los alcoholes algunas propiedades similares a las del agua. Por ejemplo, **puntos de ebullición anormalmente altos (aunque inferiores a los del agua) debido a la formación de enlaces de hidrógeno**.

Esta misma tendencia a formar enlaces de hidrógeno hace que **los alcoholes de menor masa molecular sean solubles en agua**. Esta solubilidad se va haciendo menor a medida que la masa molecular aumenta, ya que entonces va adquiriendo un mayor peso la parte hidrocarbonada de la molécula (hidrófoba).

- **Los alcoholes pueden deshidratarse (reacción de eliminación)** por calentamiento con un ácido fuerte, obteniéndose alquenos.



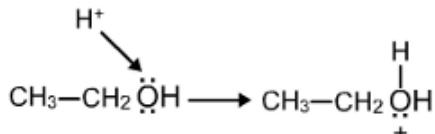
Si el alcohol es asimétrico se obtienen dos isómeros:



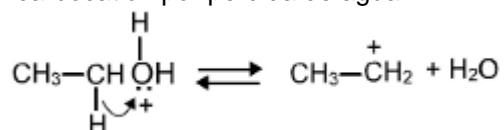
Se obtiene en mayor cantidad el alqueno más sustituido (regla de Saytzeff). En este caso el but-2-eno.

El proceso puede dividirse en tres etapas:

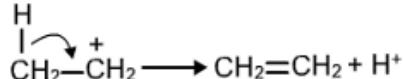
Etapa 1 (rápida). Ataque electrófilo del ácido sobre el grupo hidroxilo:



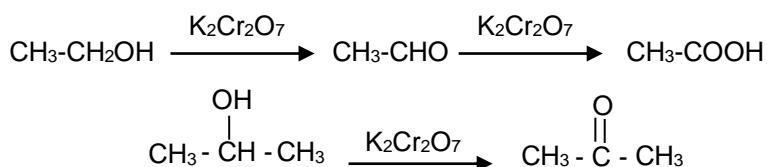
Etapa 2 (lenta). Formación de un carbocatión por pérdida de agua:



Etapa 3 (rápida). Estabilización del carbocatión por pérdida de un protón y formación del alqueno correspondiente:

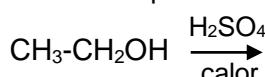


- **Reacciones de oxidación.** Los alcoholes pueden oxidarse para dar **aldehídos o ácidos (alcoholes primarios) y cetonas (alcoholes secundarios)**



Ejemplo 2 (Oviedo. 2012-2013)

Complete la siguiente ecuación química. Indique el tipo de reacción que tiene lugar, nombre el reactivo, nombre y escriba la fórmula semidesarrollada del producto de la reacción y nombre el producto, o productos, que se obtienen:



Solución:

Es una reacción de deshidratación de un alcohol (reacción de eliminación). Se obtiene un alqueno:

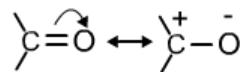


Si hay más de una posibilidad de deshidratación (no en este caso), se formarán dos isómeros.

Aldehidos y cetonas.

La presencia del grupo carbonilo condiciona la reactividad de aldehídos y cetonas.

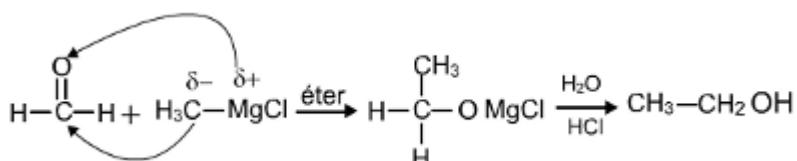
Debido a que el grupo carbonilo es un híbrido de resonancia entre las dos formas que se muestran a la derecha, el carbono presenta una carga parcial positiva, lo que lo hace especialmente vulnerable a ataques nucleófilos,



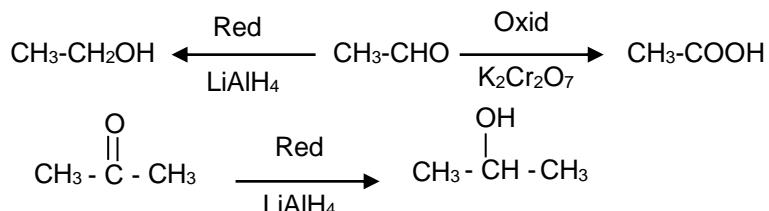
La mayor parte de las reacciones de los aldehídos y cetonas implican un ataque nucleófilo sobre el carbono del grupo carbonilo.

La elevada polarización del enlace C=O tiene también una marcada influencia sobre las propiedades físicas de estos compuestos ya que **existen notables interacciones entre los dipolos permanentes que influyen en que los puntos de ebullición sean moderadamente altos**, situándose entre los de los hidrocarburos y los alcoholes de masa molecular semejante.

- **Adición nucleófila al grupo carbonilo.** Una adición típica (y muy importante) al doble enlace carbonílico tiene lugar cuando se hace reaccionar un aldehido o una cetona con un reactivo de Grignard⁽⁴⁾



- **Reacciones de oxidación/reducción.** Los compuestos carbonílicos presentan un grado de oxidación intermedio entre los alcoholes y los ácidos, por esta razón **pueden reducirse** (con tetrahidruro de litio y aluminio, LiAlH₄) **para dar alcoholes (aldehídos y cetonas) y oxidarse** (usando dicromato o permanganato) **para dar ácidos (solo los aldehídos).**

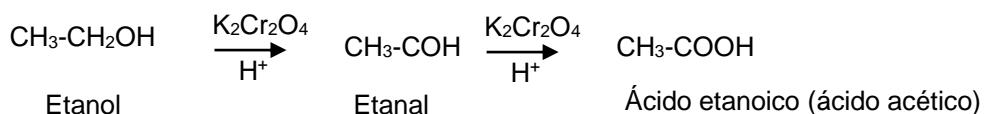


Ejemplo 3 (Oviedo. 2011-2012)

Escriba la ecuación química correspondiente a la reacción del etanol con Cr₂O₇²⁻ en medio ácido. Indique el tipo de reacción que se produce. Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada del producto de la reacción.

Solución:

Es una reacción de oxidación. Un alcohol primario se oxida a aldehído y si la reacción no se detiene continúa oxidándose a ácido.

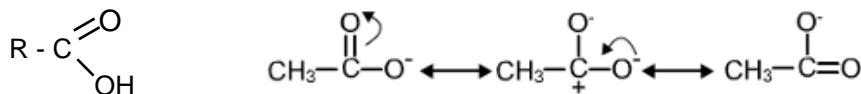


⁽⁴⁾ Los reactivos de Grignard son halogenuros de alquilmagnesio en los cuales, y debido a que existe un enlace C-Mg, el radical de alquilo tiene carga negativa pudiendo producir ataque nucleófilos.

Ácidos y ésteres.

La función ácido se caracteriza por la relativa facilidad con la que el hidrógeno del grupo carboxilo (hidrógeno ácido) puede ser sustituido por metales para formar sales, o por radicales de alquilo para dar ésteres.

La acidez del hidrógeno del grupo hidroxilo es debida a que al efecto inductivo provocado por el oxígeno del grupo carbonilo se añade la posibilidad de resonancia entre tres formas distintas que hacen que la carga negativa se deslocalice estabilizando el anión:



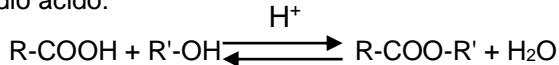
Los ácidos orgánicos, al igual que los alcoholes y el agua, pueden formar enlaces de hidrógeno entre ellos y con otras moléculas. Por esta razón tienen puntos de ebullición considerablemente altos (mayores que los de los alcoholes de masa molecular semejante). Los ácidos de menor masa molecular son solubles en agua.

- **Formación de sales.** Los ácidos orgánicos forman sales cuando reaccionan con bases fuertes:

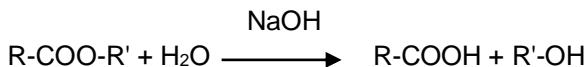


Los jabones se forman al reaccionar un compuesto inorgánico que contenga sodio o potasio (hidróxido o sal) y algún ácido graso (procedente de grasas de origen vegetal o animal).

- **Formación de ésteres (esterificación).** Los ésteres se obtienen a partir de los ácidos mediante calentamiento en medio ácido:



La reacción contraria también es posible. Los ésteres se hidrolizan mediante calentamiento con bases dando el ácido correspondiente. Esta reacción recibe el nombre de **saponificación**



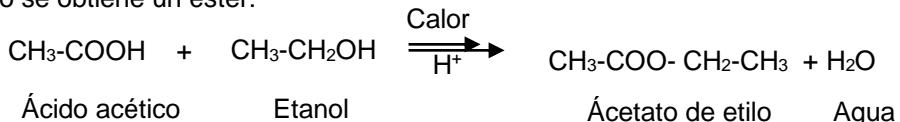
Ejemplo 4 (Oviedo. 2011-2012)

En la siguiente reacción química, indique los nombres de los productos A y B y escriba las fórmulas semidesarrolladas de los reactivos y productos



Solución:

Es una reacción de esterificación. Cuando un ácido y un alcohol se calientan en presencia de un ácido se obtiene un éster:



Aminas

Las aminas forman enlaces de hidrógeno N - H...N que elevan sus puntos de ebullición, aunque no tanto como para igualarse a los de los alcoholes, ya que no son tan fuertes como los enlaces O - H...O. Debido a esto las aminas más sencillas son solubles en agua.

El par electrónico libre sobre el átomo de carbono condiciona la química de las aminas ya que les da un carácter básico y las hace susceptibles de ataques electrófilos.



Polímeros. Reacciones de polimerización

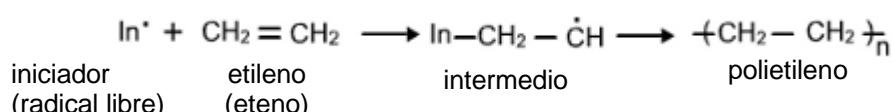
Los polímeros (también llamados **macromoléculas**) son moléculas muy grandes formadas a partir de la repetición de unidades más pequeñas llamadas **monómeros**.

Existen **polímeros naturales** como los polisacáridos, las proteínas o el caucho (natural) y otros **sintéticos**: polietileno, nylon, poliéster, PVC, PET ... etc. Los polímeros sintéticos tienen una gran importancia industrial y económica y forman parte de nuestra vida diaria como parte de nuestras ropas, recubrimientos, aislantes o materiales diversos.

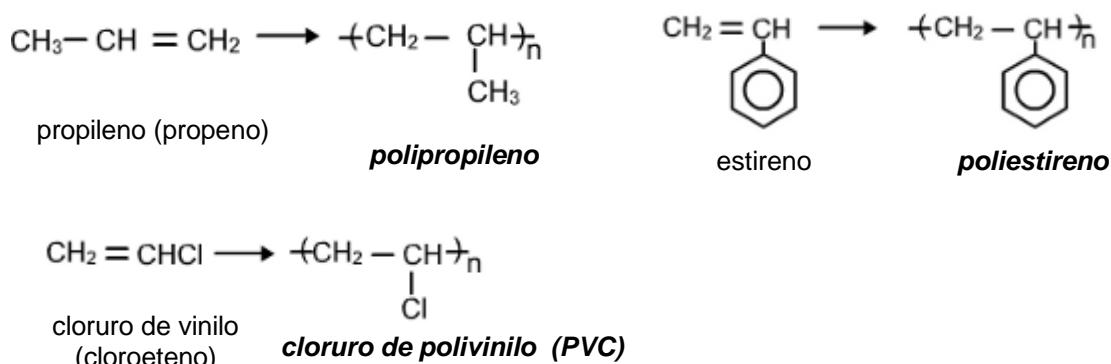
Los polímeros sintéticos se clasifican en dos grandes grupos:

- **Los polímeros por crecimiento en cadena o polímeros de adición** que se obtienen a partir de la formación de largas cadenas de monómeros que **se unen unas a otras sin que exista pérdida de ninguna molécula en el proceso**.

Por ejemplo la polimerización del etileno produce **polietileno**. La polimerización se lleva a cabo a unos 100 °C, presiones elevadas (1000 atm) y en presencia de catalizadores (peróxidos orgánicos) que inician el proceso de polimerización mediante radicales libres:

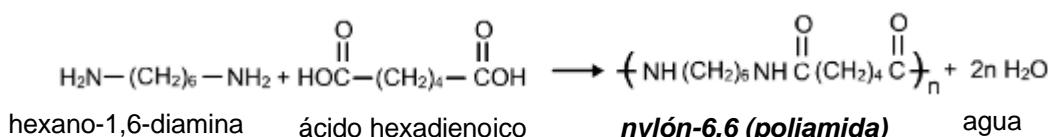


Otros polímeros similares al etileno son:



- **Los polímeros por crecimiento por pasos o polímeros de condensación**, se obtienen por **reacción entre dos monómeros**, cada uno de los cuales tiene, al menos, dos grupos funcionales, **con eliminación de alguna molécula** (por ejemplo agua).

Las poliamidas son polímeros de condensación **que contienen grupos tipo amida**. Pueden ser naturales como la lana o la seda o sintéticas como el nylón o el kevlar:



Los poliésteres son polímeros de condensación que se obtienen a partir de **dioles y ácidos dicarboxílicos**, que dan lugar a los grupos éster característicos del polímero:

