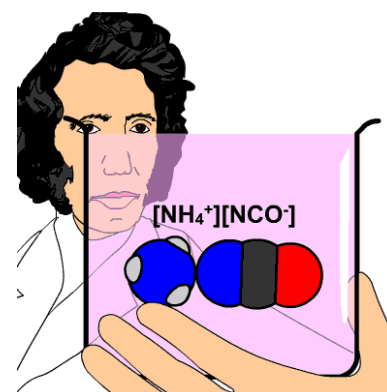


## Tema 3. Química del carbono

Aunque el nombre más adecuado es el de **química de los compuestos del carbono**, todavía se le sigue llamando **química orgánica**, porque desde hace siglos se pensaba que esos compuestos solamente existían y se podían producir en la materia viva. Es cierto que son sus principales constituyentes, pero cuando Whöler sintetizó la urea de forma accidental en 1828 a partir de compuestos inorgánicos, hubo que desechar ese principio "orgánico".



Todos tienen en común la existencia de cadenas de átomos de carbono y la presencia de unos pocos elementos más, básicamente hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

Forman moléculas desde muy pequeñas ( $CH_4$ , metano, es la menor) hasta macromoléculas con masas molares de cientos de miles. Y su importancia y campos de aplicación carecen de límite conocido: no tienes más que pensar en los productos farmacéuticos, en los plásticos o en la secuenciación del ADN para ser consciente de ello.

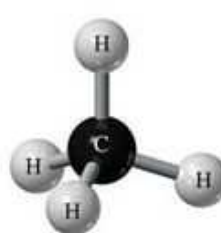
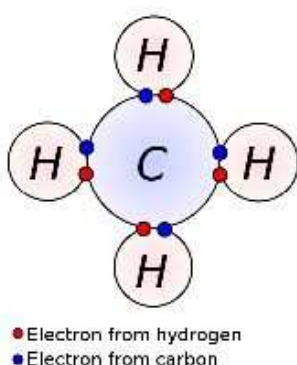
En este tema vas a recordar algunos aspectos ya vistos en ESO, como los nombres y fórmulas de los compuestos del carbono, pero te centrarás en estudiar su obtención, propiedades y reactividad, además de en las reacciones de polimerización, en la industria petroquímica y en las aplicaciones de la química del carbono.

### 1. Enlaces del carbono

#### Cadenas carbonadas

¿Por qué hay tantos compuestos del carbono? El carbono tiene como estructura electrónica C: 2, 4, por lo que le faltan cuatro electrones para completar la segunda capa electrónica para alcanzar la estructura muy estable de gas noble (regla del octete).

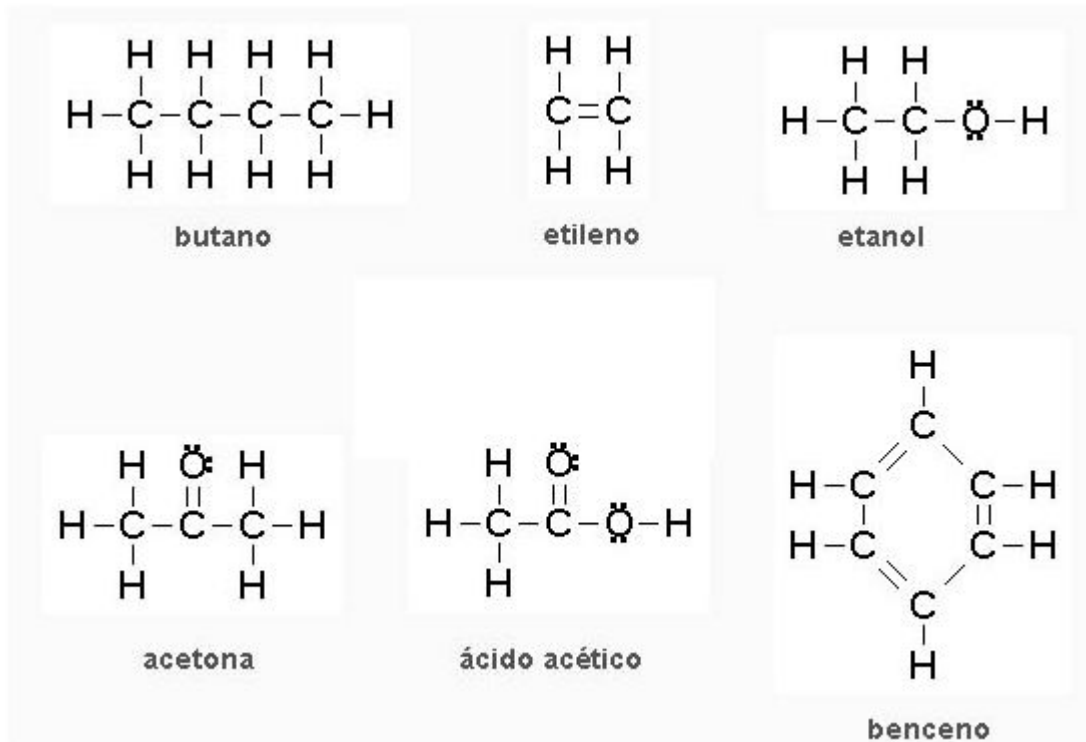
La forma de hacerlo es compartir cuatro electrones con otros átomos, de manera que la molécula más sencilla que forma es el  $CH_4$ , metano. En las imágenes siguientes puedes ver la forma de compartir electrones y tres modelos moleculares diferentes.



Pero si en lugar de unirse con un átomo de H lo hace con otro átomo de C, se forma una cadena de dos átomos de C,  $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ , etano. Y si se sustituye otro H por C, se forma el  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ , propano. Es decir, se forman **cadenas carbonadas**, que pueden llegar a tener miles de átomos de carbono.

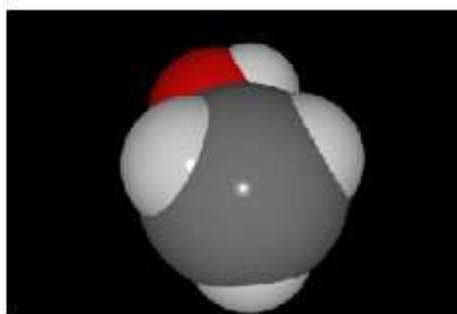
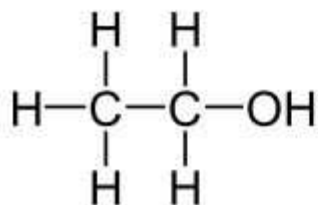
### Estructuras electrónicas de Lewis

En la imagen puedes ver las estructuras electrónicas de Lewis de varios compuestos del carbono. Sigue el método que ya conoces para obtenerlas: repartir en pares el número total de electrones que tienen todos los átomos de la molécula, de forma que se cumpla la regla del octete.



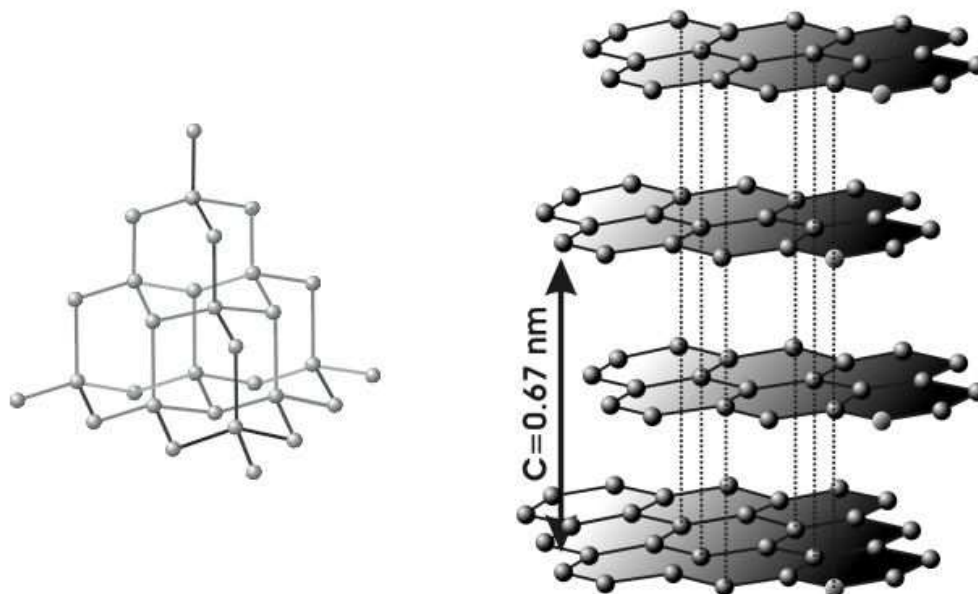
### Las fórmulas de los compuestos del carbono

El etanol, o alcohol etílico, es la sustancia presente en las bebidas alcohólicas. Su **fórmula molecular** es  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . Así escrita no aporta información sobre cómo están unidos los átomos en la molécula. Por esa razón se usa la **fórmula semidesarrollada**, que en este caso es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ , en la que se indican los enlaces de la cadena, y la **fórmula desarrollada**, en la que se detallan todos los enlaces entre átomos, como puedes ver en la imagen junto con un modelo molecular animado.



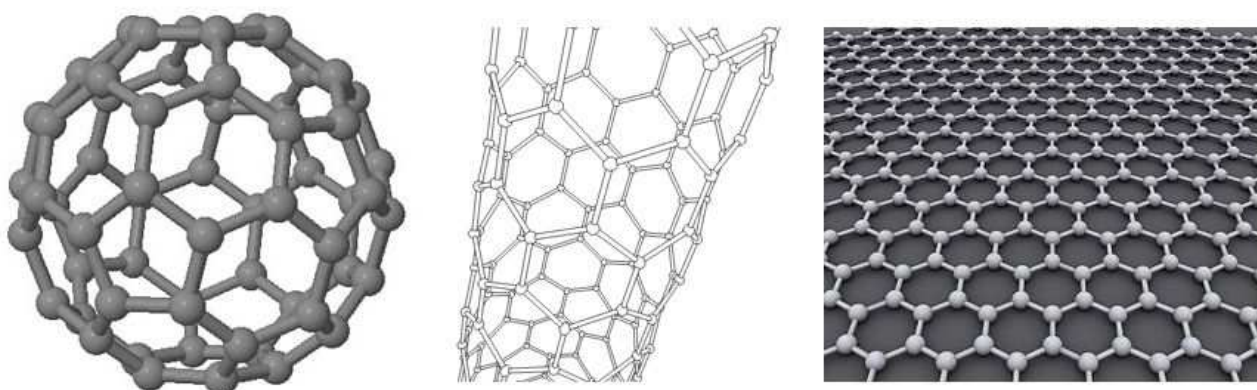
### Formas alotrópicas del carbono

Ya has visto que el carbono se presenta en la naturaleza en forma de **diamante**, formando una estructura gigante en la que solamente hay átomos de carbono unidos entre sí mediante enlaces covalentes. Como son enlaces muy intensos entre los átomos, son difíciles de romper, y el diamante es la sustancia más dura en la escala de Mohs. Su uso principal es tanto en joyería como en herramientas de corte.



También se presenta en otra forma cristalina, el **grafito**, con anillos hexagonales de átomos de carbono, unidos por enlaces sencillos o dobles de forma alternada. Se forman láminas de anillos unidas entre sí por fuerzas más débiles, parecidas a las intermoleculares (cada lámina se puede considerar como una molécula muy grande), por lo que la dureza del grafito es menor. Se usa como conductor de la corriente eléctrica, para fabricar minas de lápiz, etc.

En los últimos años se han descubierto otras estructuras más complejas y que van a tener sin duda gran importancia en la tecnología: los **fullerenos** (más conocidos como futboles, debido a su forma de balón de fútbol), los **nanotubos de grafito** (láminas de grafito formando tubos) y, sobre todo, el **grafeno** (lámina monoatómica de grafito) cuyo uso va a revolucionar los sistemas informáticos y de comunicaciones en los próximos años.



Y todavía hay que considerar que el carbono forma **carbones** (hulla, antracita, lignito y turba), materiales de origen natural formados a partir de materia orgánica, en los que los átomos de carbono no tienen una estructura cristalina definida, y contienen más o menos impurezas de otros elementos.



Su uso principal es como fuente de energía, ya desde la antigüedad y sobre todo desde la Revolución Industrial de finales del siglo XVIII.

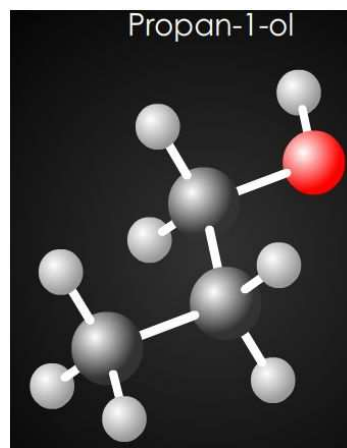
## 1.1 Enlaces del carbono y geometría molecular

### Enlaces del carbono y geometría molecular

Si el carbono está unido a cuatro grupos diferentes, y todos los enlaces son sencillos, las cadenas carbonadas tienen estructura tetraédrica, con ángulos de  $109,5^\circ$ , y **los átomos de carbono van formando un zigzag** con ese ángulo (en forma de dientes de sierra).

Si hay algún enlace doble, la estructura es plana con los dos átomos unidos y los grupos que se unen a cada uno de ellos.

Además, el **segundo enlace es más débil que el primero** (aunque eso no se deduce de las estructuras electrónicas de Lewis, sino que es un dato experimental).



## 2. Formulación y nomenclatura de los compuestos del carbono

Muchos de los compuestos que englobamos en la química del carbono son conocidos desde antiguo: los egipcios extraían de las plantas colorantes (púrpura), fabricaban jabones y obtenían alcohol por fermentación de azúcares.

Hasta el año 1828, en que Friedrich Wöhler sintetizó la urea, se creía que para producir un compuesto de la química del carbono era necesaria la acción de una "fuerza vital". Hoy se conocen muchos millones de compuestos diferentes y se sintetizan incluso millones más cada año. La necesidad de sistematizar su nomenclatura y formulación es evidente.

### Enlaces del carbono

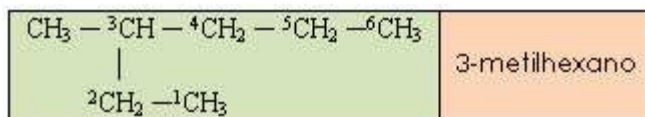
En los compuestos de la química del carbono, el átomo de carbono siempre forma cuatro enlaces, **sencillos** con estructura tetraédrica, **enlaces dobles** con estructura triangular plana y **enlaces triples** con estructura lineal.

La unión de los átomos de carbono entre sí por alguno de los enlaces citados origina **cadena carbonadas**, que forman el esqueleto de la molécula orgánica, y pueden ser **abiertas**, **cerradas** o **ramificadas**.

### Cadenas ramificadas

Cuando aparecen ramificaciones (cadenas laterales) hay que seguir una serie de normas para su correcta nomenclatura.

- **Se elige la cadena más larga.** Si hay dos o más cadenas con igual número de carbonos se escoge la que tenga mayor número de ramificaciones.

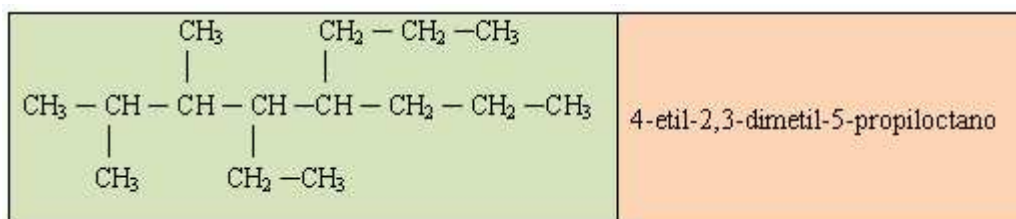


- **Se numeran los átomos de carbono** de la cadena principal comenzando por el extremo que tenga más cerca alguna ramificación, buscando que la posible serie de números sea siempre la menor posible.

- **Las cadenas laterales se nombran antes que la cadena principal**, precedidas de su correspondiente número localizador (unidos por un guión) y con la terminación "-il" para indicar que son radicales. Si un mismo átomo de carbono tiene dos radicales se pone el número localizador delante de cada radical y se ordenan **por orden alfabético**.

- Si un mismo radical se repite en varios carbonos, se separan los números localizadores de cada radical por comas y se antepone al radical el prefijo "**di-**", "**tri-**", "**tetra-**", etc.


- Si hay dos o más radicales diferentes en distintos carbonos, **se nombran por orden alfabético** anteponiendo su número localizador a cada radical.



### Funciones químicas

Se llama función química a cada grupo de compuestos con propiedades y comportamientos químicos característicos.

Cada función se caracteriza por poseer un conjunto de uno o varios átomos, al que se denomina grupo funcional.

FUNCIÓN		GRUPO FUNCIONAL
Hidrocarburos	Alcanos (parafinas)	No tiene
	Alquenos (olefinas)	$\text{>C}=\text{C}<$
	Alquinos (acetilenos)	$-\text{C}\equiv\text{C}-$
	Aromáticos	

Funciones nitrogenadas	Aminas	$-\text{N}-$ 
	Amidas	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}-\text{N}- \\   \end{array}$

Funciones oxigenadas	Alcoholes	$-\text{OH}$
	Éteres	$-\text{O}-$
	Aldehídos	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$
	Cetonas	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}- \end{array}$
	Ácidos carboxílicos	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$
	Ésteres	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$

### Compuestos polifuncionales

Se denominan así a aquellos compuestos que tienen más de una función orgánica. En estos casos, hay que precisar cuál es la función principal y cuáles las secundarias, ya que el nombre del compuesto vendrá dado por la función principal. Las demás funciones no se tienen en cuenta y se nombran como sustituyentes.

La cadena principal es la que contiene la función principal.

El orden de preferencia para determinar cuál es la función principal está fijado por la IUPAC.

Orden de preferencia según la IUPAC			
Nombre	Fórmula	Terminación	Como sustituyente
Ac. carboxílico	R-COOH	-oico	carboxi-
Éster	R-COOR'	-oato	oxicarbonil-
Amida	R-CO-NH <sub>2</sub>	-amida	carbamoil-
Nitrilo	R-C≡N	-nitrilo	ciano-
Aldehído	R-COH	-al	formil-
Cetona	R-CO-R'	-ona	oxo-
Alcohol	R-OH	-ol	hidroxi-
Fenol	Ar-OH	-ol	hidroxi-
Amina	R-NH <sub>2</sub>	-amina	amino-
Éter	R-O-R'	-oxi-	oxi-, oxa-
Doble enlace	R=R'	-eno	...enil-
Triple enlace	R≡R'	-ino	...inil-
Halógeno	R-X		fluoro-, cloro-, bromo-, iodo-
Nitroderivados	R-NO <sub>2</sub>		nitro-

## 2.1 Hidrocarburos

### Alcanos

Son compuestos de C e H (de ahí el nombre de hidrocarburos) de cadena abierta, que están unidos entre sí por enlaces sencillos (C-C y C-H).

Su fórmula molecular es C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>, siendo n el número de carbonos.

Los cuatro primeros tienen un nombre sistemático que consiste en los prefijos **met-**, **et-**, **prop-**, y **but-** seguidos del sufijo "**-ano**". Los demás se nombran mediante los prefijos numerales (**penta-**, **hexa-**, **hepta-**, ...) que indican el número de átomos de carbono.

Se llama **radical** a un grupo de átomos que se obtiene por pérdida de un átomo de H. Se nombran cambiando la terminación **-ano** por **-ilo**, o **-il** cuando forme parte de un hidrocarburo.

Fórmula	Nombre	Radical	Nombre
$\text{CH}_4$	Metano	$\text{CH}_3-$	Metil-(o)
$\text{CH}_3-\text{CH}_3$	Etano	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-$	Etil-(o)
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Propano	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Propil-(o)
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Butano	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Butil-(o)
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	Pentano	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_2-$	Pentil-(o)
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	Hexano	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_2-$	Hexil-(o)
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$	Heptano	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_2-$	Heptil-(o)
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_3$	Octano	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_2-$	Octil-(o)

### Alquenos

Son hidrocarburos de cadena abierta que se caracterizan por tener uno o más dobles enlaces,  $\text{C}=\text{C}$ . Se nombran igual que los alcanos, pero con la terminación **-eno**. Es necesario tener en cuenta las siguientes normas:

- Se escoge como cadena principal la más larga que contenga el doble enlace; si hubiera ramificaciones se toma como cadena principal la que posea mayor número de dobles enlaces, aunque sea más corta que otras.
- Se empieza a contar por el extremo más cercano a un doble enlace, con lo que éste tiene preferencia sobre las cadenas laterales a la hora de numerar los carbonos.
- En el caso de que hubiera más de un doble enlace se emplean las terminaciones **dieno**, **trieno**, ... precedidas por los números que indican la posición de esos dobles enlaces.

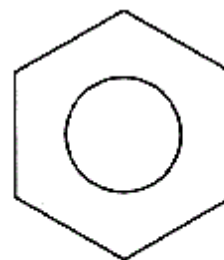
### Alquinos

Son hidrocarburos de cadena abierta que se caracterizan por tener uno o más triples enlaces,  $\text{C}\equiv\text{C}$ . Se nombran igual que los alquenos, pero con la terminación **-ino**.

Alquenos		Alquinos	
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Eteno	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	Etino
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	Propeno	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	Propino
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1-buteno	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1-butino
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	2-buteno	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	2-butino

### Hidrocarburos aromáticos

Se denominan así a los hidrocarburos que derivan del benceno ( $C_6H_6$ ). Está formado por seis átomos de carbono unidos a seis hidrógenos.



**Benceno**  
 $C_6H_6$

- Cuando el benceno lleva un radical, éste se nombra seguido de la palabra benceno.

- Si son dos los radicales, se indica su posición relativa dentro del anillo bencénico mediante los números 1, 2; 1, 3 o 1,4 (normalmente la designación del número 1 es por orden alfabético); aunque se sigue utilizando los prefijos **orto** (o-), **meta** (m-) y **para** (p-) para indicar esas mismas posiciones.

- En el supuesto de que hubiera más de dos sustituyentes, se busca la manera de que los números sean lo más bajos posible y los radicales se nombran por orden alfabético.

Metilbenceno (Tolueno)	<i>o</i> -dimetilbenceno	<i>m</i> -etilmetilbenceno	<i>p</i> -dietilbenceno

### Derivados halogenados

Son hidrocarburos que contienen átomos de halógeno en su molécula.

Se nombran citando en primer lugar el halógeno seguido del nombre del hidrocarburo.

$CHCl_3$		
Triclorometano (Cloroformo)		
$CH_2 = CH - CCl_2 - CH_2Cl$	<p>p-diclorobenceno</p>	<p>Clorobenceno</p>
3,3,4-tricloro-1-buteno		



## 2.2 Funciones oxigenadas

### Alcoholes

Se pueden considerar derivados de los hidrocarburos en los que se ha sustituido uno o más átomos de hidrógeno por grupos OH, pero solamente uno en cada carbono.

Se nombran como los hidrocarburos de los que proceden pero con la terminación **-ol**, e indicando con el número localizador más bajo posible la posición del grupo alcohológico.

- Si hay más de un grupo OH, se utiliza la terminación diol, triol, ... indicando con números los lugares donde se colocan.

- En los compuestos polifuncionales en los que el alcohol no interviene como función principal, se designa con el prefijo **hidroxi-**.

$\text{CH}_3\text{OH}$	Metanol	$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$	Etanol		
$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$	2-propanol	$\text{CH}_3 - \text{COH} - \text{CH}_3$	2-metil-2-propanol
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$	1-propanol	$\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$	1,2,3-propanotriol (glicerina)

### Éteres

Son compuestos que resultan de la unión de dos radicales alquilo o bencénicos, mediante un puente de oxígeno **-O-**.

Se nombran interponiendo el prefijo **oxi** entre los dos radicales.

También se pueden nombrar indicando el nombre de los dos radicales, por orden alfabético, seguidos de la palabra **éter**. En el caso de que los dos radicales sean idénticos, se simplifica anteponiendo el prefijo di.

$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Metoximetano Dimetileter	Etoximetano etilmetileter	Etoxietano dietileter

### Aldehídos y cetonas

Los **aldehídos** se caracterizan por tener un grupo "**carbonilo**" **C=O**, en un extremo de la molécula.

Su nombre proviene del hidrocarburo, pero terminado en **-al**, y la cadena se empieza a nombrar por el extremo que lleva el grupo carbonilo.

Si el grupo carbonilo, **C=O**, se encuentra en el interior de la molécula se llaman **cetonas**.

Normalmente se nombran como derivados de un hidrocarburo, con la terminación **-ona** y un número localizador lo más bajo posible, aunque también es válido nombrar los dos radicales unidos al grupo carbonilo seguidos de la palabra cetona.

Aldehídos		Cetonas	
HCHO	Metanal	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$	Propanona (acetona)
$\text{CH}_3 - \text{CHO}$	Etanal	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Butanona etilmetilcetona
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$	Propanal	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	3-pentanona dietilcetona

### Ácidos carboxílicos

Se caracterizan por tener el grupo "carboxilo" **-COOH** en el extremo de la cadena.

Se nombran anteponiendo la palabra ácido al nombre del hidrocarburo del que proceden, con la terminación **-oico**. Si hubiera dos grupos carboxilos, se indicaría con la terminación dioico.

Son frecuentes los ácidos carboxílicos que mantienen su nombre tradicional, aceptado por la IUPAC.

HCOOH	Ácido metanoico (ácido fórmico)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	Ácido butanoico (ácido butírico)
$\text{CH}_3 - \text{COOH}$	Ácido etanoico (ácido acético)	$\text{HOOC} - \text{COOH}$	Ácido etanodioico (ácido oxálico)
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$	Ácido 2-propenoico (ácido acrílico)	$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH}$	Ácido 2-hidroxiopropanoico (ácido láctico)

### Ésteres y sales de ácidos carboxílicos

Se obtienen de sustituir el hidrógeno del grupo carboxílico por una cadena hidrocarbonada, R'- o por cationes metálicos.

Se nombran partiendo del radical ácido, RCOO-, terminado en **-ato**, seguido del nombre del radical alquílico, R'- o del nombre del metal.

$\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_3$	Etanoato de metilo (Acetato de metilo)	$\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Etanoato de etilo (Acetato de etilo)
$\text{HCOO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Metanoato de etilo (Formiato de etilo)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_3$	Propanoato de metilo
$\text{CH}_3 - \text{COONa}$	Etanoato de sodio (Acetato de sodio)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOK}$	Propanoato de potasio

## 2.3 Funciones nitrogenadas


### Aminas

Se pueden considerar compuestos derivados del amoniaco,  $\text{NH}_3$ , en el que se han sustituido uno, dos o tres hidrógenos por radicales alquilo o bencénicos.

Las aminas primarias se nombran añadiendo al nombre del radical hidrocarbonado el sufijo *amina*. Aunque también es válido, si el grupo amino forma parte de una cadena más o menos compleja, indicar su situación con un número localizador lo más bajo posible.

En las aminas secundarias y terciarias, los radicales se nombran por orden alfabético, y se suele indicar con la letra **N**, que dichos radicales están unidos al átomo de nitrógeno.

Cuando las aminas primarias no forman parte de la cadena principal se nombran como sustituyentes de la cadena carbonada con su correspondiente número localizador y el prefijo **amino-**.

$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$	Metilamina	$\text{CH}_3 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	N-etilmetilamina
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	N,N-dimetilpropilamina		Fenilamina (Anilina)

### Amidas

Se obtienen al eliminarse una molécula de agua entre el grupo OH de un ácido y un H del amoníaco (o de una amina).

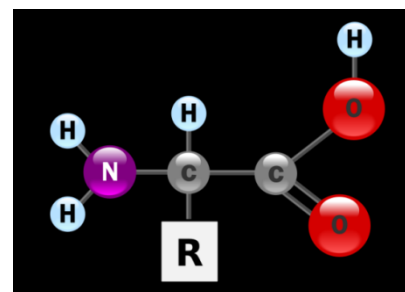
Se nombran como los ácidos, pero con la terminación **-amida**.

$\text{H} - \text{CO} - \text{NH}_2$	Metanamida (Formamida)	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{NH}_2$	Etanamida (Acetamida)
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$	N-metiletanamida	$\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{CO} - \text{NH}_2$	Etanodiamida

### Aminoácidos

Un aminoácido es un compuesto polifuncional con un grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) y un grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ; ácido). Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas.



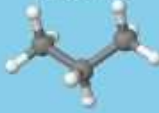











Todos los aminoácidos que forman parte de las proteínas tienen el grupo amino unido al carbono 2, contiguo al grupo carboxilo.

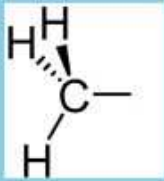
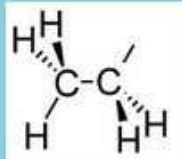
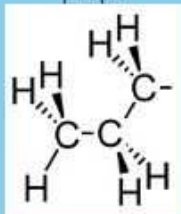
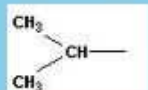
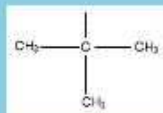

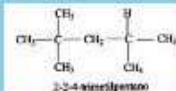



















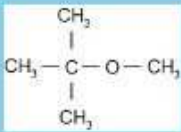
De todos los aminoácidos que se conocen, sólo 20 forman parte de las proteínas.











Glicina	Ácido 2-aminoetanoico	$\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
Alanina	Ácido 2-aminopropanoico	$\text{CH}_3 - \text{CHNH}_2 - \text{COOH}$
Ácido aspártico	Ácido 2-aminobutanodioico	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CHNH}_2 - \text{COOH}$
Ácido glutámico	Ácido 2-aminopentanodioico	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHNH}_2 - \text{COOH}$








## 2.4 Resumen

Alcanos lineales		$C_nH_{2n+2}$ $CH_3-(CH_2)_{n-2}-CH_3$			-ano
metano  CH <sub>4</sub>	etano  CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	propano  CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	butano  CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	pentano  CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	
Alquenos		$C_nH_{2n}$ R-CH=CH <sub>2</sub>			-eno
eteno  CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>	propeno  CH <sub>3</sub> -CH=CH <sub>2</sub>	Z-but-2-eno  CH <sub>3</sub> -CH=CH-CH <sub>3</sub>	penteno  CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH=CH-CH <sub>3</sub>	butadieno  CH=CH-CH=CH <sub>2</sub>	
Alquinos		$C_nH_{2n-2}$ R-C≡C-H			-ino
etino  CH≡CH	propino  CH <sub>3</sub> -C≡CH	1-butino CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -C≡CH	3-metil-1-butino  CH <sub>3</sub> -HC(CH <sub>3</sub> )-C≡CH	5,5-dimetil-2-hexino  CH <sub>3</sub> -C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -C≡C-CH <sub>3</sub>	

Radicales alquilo		R-	-il		
metil  CH <sub>3</sub> -	etil  CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -	propil  CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	isopropil  (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -CH-	ter butil  (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> -C-	
Hidrocarburos ramificados					
metilpropano isobutano CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>3</sub>	dimetilpropano 	metilbutano CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )- CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	dimetil butano CH <sub>3</sub> -C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	2-2-4-trimetil pentano (índice de octano) 	
Hidrocarburos cíclicos					
ciclopropano  C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	ciclobutano C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	ciclopentano  C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	ciclohexano  C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	ciclooctano C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	
Hidrocarburos aromáticos					
benceno  C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	metil benceno tolueno  C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	dimetil benceno C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	naftaleno  C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	fenantreno C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	

Derivados halogenados		R-X		
clorometano  $\text{CH}_3\text{Cl}$	diclorometano  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$	triclorometano $\text{CHCl}_3$	tetracloro- metano tetracloruro de carbono $\text{CCl}_4$	hexacloro ciclohexano  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$
Alcoholes y fenoles		R-OH		-ol
metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$	etanol  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$	butanol  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-}$ $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$	ciclohexanol  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$	fenol  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
Éteres		R-O-R'		-oxi   radical radical éter
metoximetano dimetil éter  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$	metoxietano metil etil éter  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$	etoxietano dietil éter  $\text{CH}_3$ $\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$	etoxieteno $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O}$ $\text{-CH=CH}_2$	Metil terbutil éter 

Aldehidos		$R - \overset{\text{O}}{\parallel}{C} - H$	-al	
<p>metanal</p>  <p>HCHO</p>	<p>etanal</p>  <p>CH<sub>3</sub> - CHO</p>	<p>propanal</p> <p>CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CHO</p>	<p>butanal</p>  <p>CH<sub>3</sub> - CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CHO</p>	<p>benzaldehido</p>  <p>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CHO</p>
Cetonas		$R - \overset{\text{O}}{\parallel}{C} - R'$	-ona	
<p>propanona</p>  <p>CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3</sub></p>	<p>butanona</p>  <p>CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CO-CH<sub>3</sub></p>	<p>pentanona</p> <p>CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CO-CH<sub>3</sub></p>	<p>3-pentanona</p> <p>CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub></p>	<p>ciclohexanona</p>  <p>(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CO</p>
Ácidos carboxílicos		$R - \overset{\text{O}}{\parallel}{C} - O - H$	-oico	
<p>ácido metanoico</p> <p>H-COOH</p>	<p>ácido etanoico</p>  <p>CH<sub>3</sub>-COOH</p>	<p>ácido propanoico</p> <p>CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH</p>	<p>ácido benzoico</p> 	<p>ácido etanodioico</p>  <p>HOOC-COOH</p>

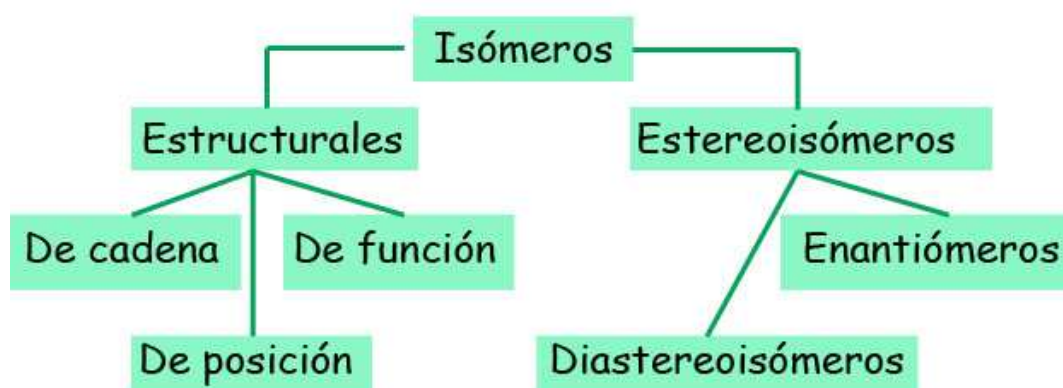
Ésteres		$\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{R}' \end{array}$		
metanoato de metilo $\text{HCOOCH}_3$	metanoato de etilo $\text{HCOOCH}_2\text{-CH}_3$	etanoato de metilo $\text{CH}_3\text{COO-CH}_3$	etanoato de butilo 	butanoato de etilo 
Aminas		$\text{R-NH}_2$		-amina
metil amina  $\text{CH}_3\text{-NH}_2$	dimetil amina  $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3$	trimetil amina $(\text{CH}_3)_3\text{N}$	etil amina $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$	propil amina $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$
Amidas		$\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{N} \begin{array}{l} \text{R}'' \\ \text{R}' \end{array} \end{array}$		
metanamida  $\text{H-CO-NH}_2$	etanamida $\text{CH}_3\text{-CO-NH}_2$	propanamida $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-NH}_2$	butanamida $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-NH}_2$	pentanamida $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-NH}_2$
Nitrilos y nitrocompuestos		$\text{R-C}\equiv\text{N}$ $\text{R-NO}_2$		
etanonitrilo $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{N}$	propanonitrilo $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{N}$	propenonitrilo  $\text{CH}_2=\text{CH-C}\equiv\text{N}$	nitrometano  $\text{CH}_3\text{-NO}_2$	nitroetano $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NO}_2$



### 3. Isomería

Se llaman **isómeros** a dos o más compuestos diferentes que tienen la **misma fórmula molecular** (el mismo número de átomos de cada tipo), pero diferente fórmula estereoquímica -distribución espacial de los átomos- y, por tanto, propiedades físicas y químicas diferentes.

Se dividen en dos grandes grupos: **estereoisómeros** e **isómeros estructurales**.



#### Estructurales

Los isómeros se diferencian por el orden en que están enlazados los átomos en la molécula. Se dividen en: **de cadena**, **de posición** y **de función**.

<b>De cadena:</b> Distinta colocación de algunos átomos en la cadena. El carbono forma cadenas sencillas o ramificadas.	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Butano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Metilpropano
<b>De posición:</b> Distinta posición del grupo funcional.	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ 1-propanol	$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ 2-propanol
<b>De función:</b> Distinto grupo funcional. Ej. Alcoholes-Eteres y Aldehídos-Cetonas	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ Etanol	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ Dimetiléter Metoximetano

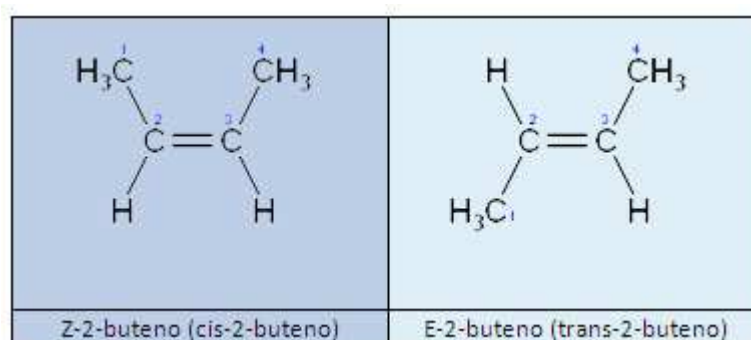
#### Estereoisomería

Los isómeros se diferencian por la disposición tridimensional de los átomos en la molécula. Se clasifican en **diastereoisómeros** (**isomería geométrica** o **cis-trans**) y **enantiómeros** (**isomería óptica**).

#### Diastereoisómeros (isomería geométrica o cis-trans)

Es propia de los **compuestos con dobles enlaces**. El isómero **cis** o **Z** es el que tiene los grupos atómicos iguales más próximos espacialmente, en el mismo lado con respecto al doble enlace; si se sitúan en lados opuestos, el isómero es **trans** o **E**.

Las dos moléculas sólo difieren en la disposición espacial de sus átomos; una no es la imagen especular de la otra.



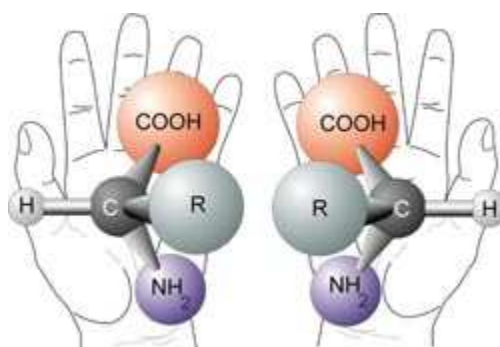
### Enantiómeros (isomería óptica)

Es propia de compuestos con **carbonos asimétricos**, es decir, con los cuatro sustituyentes diferentes.

Sus moléculas guardan entre sí una relación imagen-objeto especular. Un enantiómero gira el plano de polarización de la luz hacia la izquierda (**L** o **levógiro**) y el otro hacia la derecha (**D** o **dextrógiro**).

La mezcla equimolecular se llama **mezcla racémica** y no presenta actividad óptica.

Los aminoácidos, excepto la glicina, tienen un carbono asimétrico y presentan los dos enantiómeros, aunque en la naturaleza es habitual encontrar sólo uno de ellos.



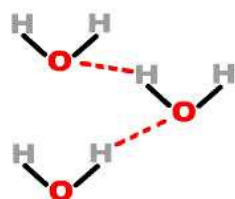
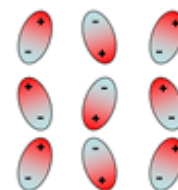
## 4. Propiedades de los compuestos del carbono

Los compuestos del carbono constituyen más del 90 % de las sustancias conocidas en la actualidad, y la mayor parte son sustancias moleculares de masa pequeña o intermedia. Hay sustancias macromoleculares de gran importancia bioquímica (proteínas, ADN, etc) y otras formadas por la unión de muchas moléculas sencillas (polímeros). Solamente hay unas pocas sustancias que forman estructuras gigantes, como sucede en los casos del grafito y el grafeno.

### Fuerzas intermoleculares

Por esa razón, hay que considerar las propiedades de las sustancias moleculares. Para justificar las interacciones entre moléculas que dan lugar a sustancias en estados líquido o sólido, hay que tener en cuenta las fuerzas intermoleculares, que son de dos tipos:

- Fuerzas **dispersivas**, que aumentan con la masa de las moléculas, y permiten justificar la razón de que el propano sea un gas y el octano un líquido.
- Fuerzas **dipolares**, que se dan cuando en la molécula hay átomos como el oxígeno o el nitrógeno, que como son más electronegativos que el carbono producen un desplazamiento de los pares de electrones de enlace hacia ellos, y que las moléculas sean polares, es decir, aun siendo neutras tengan una cierta separación de cargas que las hacen interactuar entre ellas y orientarse.

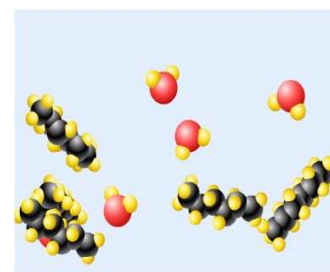


Un tipo particularmente importante de fuerza dipolar es el **punteo de hidrógeno**, que se da en las sustancias con grupos O-H o N-H, y permite explicar la razón de que los azúcares, que tienen varios grupos -OH, sean sólidos a temperatura ambiente, y que el agua sea líquida.

En el simulador siguiente puedes ver cómo se forman puentes de hidrógeno entre moléculas de agua y entre moléculas de aminoácidos.

### Solubilidad de los compuestos del carbono

Para que una sustancia se disuelva es necesario que las moléculas que la constituyen interactúen con el agua. Para eso es necesario que sean polares o que formen puentes de hidrógeno con las moléculas de agua. Así se puede justificar que el azúcar se disuelva en agua pero el hexano (no polar) no lo haga y sea inmiscible, como sucede con el aceite.



## 4.1 Reactividad

La reactividad de los compuestos de carbono radica en el grupo funcional, ya que la cadena carbonada con enlaces muy fuertes entre C-C y C-H es muy difícil de romper: las parafinas o hidrocarburos saturados, con enlaces sencillos, son poco reactivas, mientras que las olefinas, con enlaces dobles, son mucho más reactivas.

Las reacciones más importantes de los compuestos del carbono son:

### Adición

Son reacciones en las que se rompe el segundo enlace de un doble enlace, más débil que el primero, entrando dos grupos en los átomos que estaban unidos por el doble enlace. Según cuál sea el grupo añadido se forman diferentes sustancias: si se añade H<sub>2</sub>, se obtienen hidrocarburos saturados; si es H<sub>2</sub>O, alcoholes; si es HCl, derivados clorados; etc.

### Eliminación

Son reacciones contrarias a las de adición, en las que se forman compuestos con dobles enlaces por eliminación de moléculas pequeñas (H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, HCl, etc): por eliminación a partir del CH<sub>2</sub>Cl-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> se obtiene CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>3</sub> y HCl.

### Sustitución

En estas reacciones, un átomo o grupo de átomos del compuesto del carbono es sustituido por otro, suministrado por el reactivo. Por ejemplo, CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>OH + HCl → CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>Cl + H<sub>2</sub>O, en la que el -Cl sustituye a un grupo -OH. También son frecuentes las nitraciones, por ejemplo entrando el grupo -NO<sub>2</sub> en sustitución de un H en el benceno.

### Oxidación y reducción

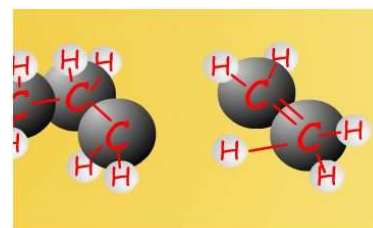
Los alcoholes se oxidan a aldehidos y cetonas, y estos a ácidos, mientras que la reducción sigue la secuencia contraria.

### Combustión

Los procesos de combustión son también procesos de oxidación, pero con ruptura total de la cadena carbonada, al formarse  $\text{CO}_2$ . Como ya sabes, los compuestos del carbono reaccionan con oxígeno, desprendiendo una gran cantidad de energía en forma de calor. Son los combustibles más utilizados (gas natural, propano, butano, gasolina, gasoil), pero no los únicos, ya que en algunos países como Brasil se dedican grandes cantidades de alcoholes a combustibles de automoción.

### Craqueo

Consiste en la rotura de cadenas de hidrocarburos en moléculas más sencillas. Es un procedimiento industrial muy utilizado para obtener gasolinas, y también alquenos de pocos átomos de carbono, que son materia prima para la obtención de plásticos, como puedes ver en la simulación.



### Polimerización

Es un tipo de reacción en el que se forman moléculas muy grandes a partir de la unión de moléculas pequeñas, en la mayoría de los casos todas iguales entre sí. Al tratar más adelante los polímeros verás cómo se producen y las sustancias a que dan lugar.

## 4.2 Hidrocarburos

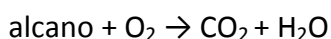
Como se ha indicado, el petróleo está formado principalmente por hidrocarburos, que pueden ser de dos tipos: hidrocarburos saturados e hidrocarburos insaturados.

### Hidrocarburos saturados

También denominados alcanos, son aquellos cuyos enlaces están completamente ocupados por átomos de hidrógeno. Los alcanos son poco reactivos debido a su escasa polaridad y a la estabilidad de sus moléculas.

### Combustión de los alcanos

Los alcanos presentan reacciones de combustión, en las que se combinan con oxígeno para dar lugar a dióxido de carbono y agua:



La característica fundamental de las reacciones de combustión es que liberan gran cantidad de energía en forma de calor, esto es, son altamente exotérmicas, por lo que históricamente han sido utilizados como combustible. Ejemplos de ello son el metano, el propano o el butano.

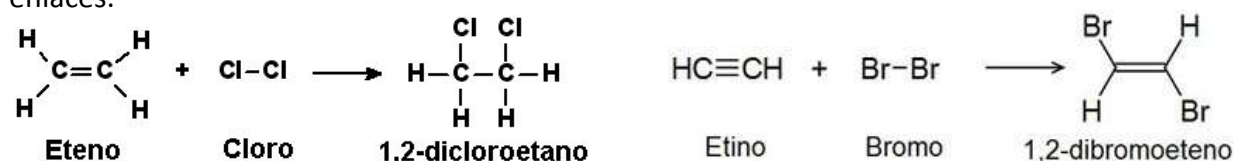
### Hidrocarburos insaturados

Son aquellos que presentan dobles (alquenos u olefinas) o triples enlaces (alquinos). Son mucho más reactivos que los alcanos ya que las insaturaciones (enlaces múltiples) provocan que la cadena sea más inestable. Presentan reacciones de **combustión** al igual que los alcanos, pero reaccionan fácilmente con el hidrógeno o con los halógenos, en reacciones de **adición**, o con ellos mismos en reacciones de **polimerización**.

### Reacciones de los alquenos y los alquinos

Los alquenos y alquinos reaccionan fácilmente, y, además de combustión, experimentan reacciones de adición al doble o triple enlace.

En estas reacciones el hidrógeno (H<sub>2</sub>), un halógeno (X<sub>2</sub>) o un hidrácido (HX) se unen al hidrocarburo insaturado en el enlace múltiple, formando un único producto con dos nuevos enlaces.



Los alquinos normalmente reaccionan en dos etapas, la primera para dar lugar a un alqueno y la segunda al producirse otra adición en este para dar lugar a un alcano.

### 4.3 Alcoholes

Un alcohol es un compuesto que contiene uno o más grupos hidroxilo -OH enlazados a un radical carbonado -R. Se clasifican según el número de grupos hidroxilo (monohidroxílicos, dihidroxílicos, etc) y los monohidroxílicos alifáticos según el número de átomos de carbono unidos al que lleva el grupo -OH (primario, secundario, etc).

CH <sub>3</sub> OH	Metanol	CH <sub>3</sub>	
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> OH	Etanol		
CH <sub>3</sub> - CHOH - CH <sub>3</sub>	2-propanol	CH <sub>3</sub> - COH - CH <sub>3</sub>	2-metil-2-propanol
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> OH	1-propanol	CH <sub>2</sub> OH - CHOH - CH <sub>2</sub> OH	1,2,3-propanotriol (glicerina)

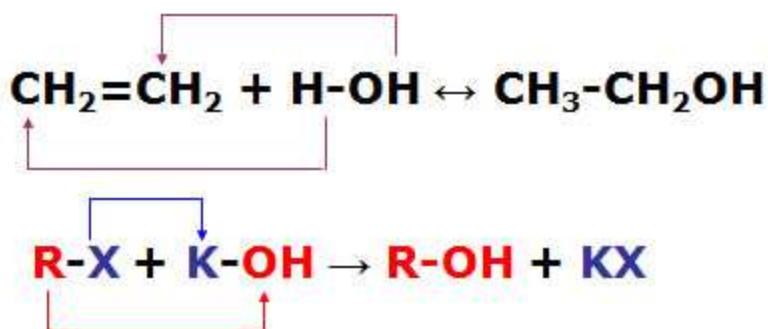
#### Obtención

Antiguamente los alcoholes se obtenían únicamente a partir de reacciones de fermentación de azúcares por microorganismos. En la actualidad, los cuatro primeros de la serie (de metanol a butanol) se preparan industrialmente por oxidación del gas natural.

En el laboratorio se pueden obtener alcoholes por:

- hidratación de alquenos.
- sustitución en halogenuros de alquilo.
- reducción de aldehidos o cetonas.
- hidrólisis de ésteres.

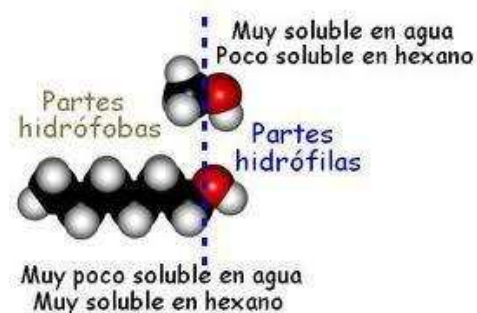
En la imagen puedes ver en primer lugar la síntesis de etanol a partir de etileno y agua (hidratación de alquenos), y después la síntesis de alcoholes por sustitución del halógeno por el grupo OH.



### Propiedades generales de los alcoholes

Los alcoholes son sustancias moleculares polares que forman entre sus moléculas puentes de hidrógeno, debidos a la presencia del grupo OH. Por tanto, tienen puntos de fusión y ebullición superiores a los hidrocarburos de igual número de átomos de carbono. El punto de ebullición también aumenta al aumentar la masa molar y disminuye al ramificarse la cadena.

Son muy solubles en agua, pero a medida que aumenta el número de átomos de carbono en la molécula, disminuye su solubilidad en agua, pues en la molécula pierde importancia el papel del grupo OH frente al resto de la molécula, como puedes ver en la imagen.



### Importancia de los alcoholes

En la actualidad, la producción industrial de alcoholes es muy importante ya que son productos básicos de la industria química orgánica. Los más importantes son el metanol, el 2-propanol, el etanol y los butanoles. Otros alcoholes de ocho a dieciocho átomos de carbono son fundamentales en la industria de los detergentes.

El metanol se denomina también alcohol de madera porque se puede obtener por calefacción de la misma en ausencia de aire. Es un líquido incoloro, inflamable y muy tóxico incluso por inhalación (en pequeñas cantidades produce ceguera y la ingestión de algunos gramos puede producir la muerte). Algunas bebidas alcohólicas adulteradas con metanol han causado intoxicaciones masivas. Se utiliza principalmente para obtener formol, plásticos, colorantes, perfumes, alcohol desnaturalizado etc, y como producto intermedio para síntesis, como disolvente de pinturas, barnices, lacas y como componente del líquido limpiaparabrisas.

El 2-propanol (isopropanol) es un buen disolvente industrial por su volatilidad intermedia que facilita su manejo, por su gran poder disolvente (es menos polar que el etanol) y por su suave y agradable olor. Se utiliza también para obtener otros disolventes y compuestos intermedios en síntesis orgánicas y en la industria de perfumería.

## 4.4 Ácidos orgánicos

Los ácidos carboxílicos son compuestos orgánicos que contienen uno o más grupos carboxilo (-COOH, formado por el grupo carbonilo -C=O y el grupo hidroxilo -OH).

HCOOH	Ácido metanoico (ácido fórmico)	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	Ácido butanoico (ácido butírico)
CH <sub>3</sub> -COOH	Ácido etanoico (ácido acético)	HOOC-COOH	Ácido etanodioico (ácido oxálico)
CH <sub>2</sub> =CH-COOH	Ácido 2-propenoico (ácido acrílico)	CH <sub>3</sub> -CHOH-COOH	Ácido 2-hidroxiopropanoico (ácido láctico)

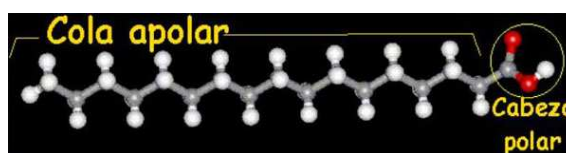
### Propiedades físicas de los ácidos carboxílicos

Tienen olor penetrante y sabor desagradable. El ácido etanoico (acético) que se encuentra en el vinagre en un 5-6% es el responsable de su sabor, y lo mismo sucede con el ácido butanoico (butírico), que es el responsable de las características de la mantequilla rancia ("butyrum", mantequilla en latín).

La estructura del grupo carboxilo, al estar constituido por el grupo OH y el grupo C=O, proporciona una polaridad especial a la molécula, lo que hace que las moléculas de ácidos carboxílicos puedan formar puentes de hidrógeno tanto entre ellas como con las moléculas de agua cuando están en disolución.

Este doble puente de H intermolecular determina que los puntos de ebullición de los ácidos carboxílicos sean más altos que los de los alcoholes de masa y estructura similares, aumentando al hacerse mayor la masa molar del ácido.

Los ácidos desde el metanoico hasta el butanoico son totalmente solubles en agua a temperatura ambiente. A medida que el grupo COOH pierde importancia frente al resto de la molécula, la solubilidad en agua disminuye y aumenta la solubilidad en disolventes apolares.



### Obtención de ácidos carboxílicos

En el industria se prepara el ácido acético (que es el más importante de todos los ácidos orgánicos) aprovechando que el etanol y el etanal se oxidan con facilidad a ácido.

En el laboratorio el método más empleado es la oxidación de alcoholes primarios o de aldehídos, como puedes ver en la imagen, en la que R- es un radical (CH<sub>3</sub>-, CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-, etc).



## 4.5 Ésteres

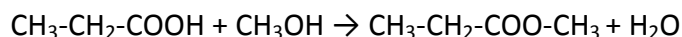
Los ésteres son derivados funcionales de los ácidos. Se puede considerar que estos compuestos resultan de sustituir el grupo hidroxilo del ácido por el grupo -OR (-O-CH<sub>3</sub>, -O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>, etc). Cuando al manifestarse la acidez de los ácidos el hidrógeno queda sustituido por un metal, se forman sales.

Muchos ésteres se fabrican en grandes cantidades como disolventes indispensables en la industria de pinturas, imprentas, adhesivos, plaguicidas o bien como intermedios para obtener fibras sintéticas, películas fotográficas, para la industria de perfumería, plastificantes, etc.

CH <sub>3</sub> - COO - CH <sub>3</sub>	Etanoato de metilo (Acetato de metilo)	CH <sub>3</sub> - COO - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	Etanoato de etilo (Acetato de etilo)
HCOO - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	Metanoato de etilo (Formiato de etilo)	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - COO - CH <sub>3</sub>	Propanoato de metilo
CH <sub>3</sub> - COONa	Etanoato de sodio (Acetato de sodio)	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - COOK	Propanoato de potasio

### Obtención de ésteres

La reacción más habitual es la esterificación, en la que un ácido reacciona con un alcohol para producir un éster y formarse agua.



Ten en cuenta que el agua se forma entre el OH del ácido y el H del alcohol.

Esta reacción es reversible, de forma que la hidrólisis del éster produce ácido y alcohol. Si se produce en medio básico, la hidrólisis es completa, y se obtiene el alcohol y la sal del ácido. Cuando se forma la sal de un ácido graso de cadena larga, se obtiene un jabón, y la reacción es la saponificación.

### Ésteres de interés biológico: grasas, aceites y ceras

Las grasas, aceites y ceras naturales son ésteres de elevada masa molecular de gran interés biológico. Se les conoce con el nombre de lípidos y son muy abundantes en animales y plantas. Las grasas (sólidas) y los aceites (líquidos) son ésteres de los ácidos grasos superiores (C<sub>12</sub> a C<sub>22</sub>) y la glicerina (propanotriol). Se les llama corrientemente glicéridos. Los aceites contienen una mayor cantidad de ácidos grasos no saturados. Las ceras son mezclas complejas de ésteres, ácidos y algunos alcanos superiores, pero los componentes principales son ésteres procedentes de ácidos grasos de cadena larga y alcoholes de elevada masa molecular. Entre los ácidos grasos saturados se puede mencionar el palmítico (hexadecanoico) y el esteárico (octadecanoico), y entre los no saturados, el oleico (9-octadecenoico).



## 5. Polímeros

Los polímeros (del griego polys, muchos, y meros, parte) son moléculas grandes que se forman por combinación de un número muy elevado de moléculas pequeñas denominadas monómeros. Los polímeros pueden estar formados tanto por moléculas orgánicas como inorgánicas (siliconas, silicatos, etc).

En este tema vas a ver solamente los constituidos por moléculas orgánicas. Se clasifican, según su origen, en **naturales** y **sintéticos**. El polietileno, por ejemplo, es un polímero sintético, mientras que la celulosa y las proteínas son polímeros naturales. Las proteínas y, en general, las llamadas macromoléculas naturales, han sido en cierto modo el modelo que ha servido para abordar la obtención "artificial" de sustancias similares, con objeto de imitar y, en algunos casos mejorar, determinadas propiedades.



La mayoría de polímeros sintéticos son moléculas orgánicas de cadena larga que contienen miles de unidades monómeras, por lo que su masa molecular es elevada. El 80% de la química orgánica industrial se dedica a la producción de polímeros sintéticos.

Los materiales denominados generalmente en el lenguaje ordinario **plásticos**, que se utilizan para fabricar todo tipo de utensilios y fibras sintéticas, están constituidos por polímeros sintéticos. Las bolsas de plástico están hechas de polietileno o polipropileno, que son materiales no biodegradables. Generalmente hay un solo tipo de unidad monómera o, como mucho, un pequeño número de unidades monómeras diferentes. Sin embargo, entre los polímeros naturales, tales como los hidratos de carbono y las proteínas, son numerosos los que contienen muchas unidades monómeras diferentes.

La industria de los polímeros se distingue de las demás porque consume la mayor cantidad de productos químicos orgánicos de base para producir distintas clases de materiales: plásticos, fibras, elastómeros, adhesivos y recubrimientos de superficies.

### Clasificación de los polímeros según sus aplicaciones

Los términos polímero y resina se emplean como sinónimos en la industria química, pero los términos plástico, elastómero, fibra, recubrimientos y adhesivos tienen significado específico, que corresponde a los cinco fines principales de los polímeros sintéticos. Los polímeros suelen ser, en general, amorfos, pero pueden llegar a ser parcialmente cristalinos, lo que determina sus propiedades.

- Los **elastómeros** tienen rigidez baja y se estiran con facilidad.
- Los **plásticos** se definen como polímeros que han sido moldeados, en general haciéndolos fluir bajo presión, por diferentes procesos. La rigidez, al igual que otras propiedades de los plásticos, depende de sus aplicaciones. En general, las propiedades de los plásticos son intermedias entre las de los elastómeros y las fibras.

- Las **fibras**, para que puedan tejerse o enlazarse formando prendas estables, no deben ceder demasiado. Deben ser rígidas, de baja extensibilidad y resistentes.
- Los **recubrimientos** y **adhesivos** suelen tener poca rigidez, de un nivel intermedio entre los elastómeros y los plásticos, con cierto grado de extensibilidad.



### El PVC y los residuos tóxicos

El cloruro de polivinilo (PVC) es uno de los materiales plásticos de mayor número de aplicaciones de la sociedad moderna. Se utiliza en envases, contenedores, láminas para envolver alimentos, para fabricar tarjetas de crédito, discos, juguetes, carpetas, bolígrafos, en construcción, para marcos de ventanas, puertas, paredes, revestimientos, tuberías, suelos, papeles pintados, persianas, cortinas, en soldaduras, como aislante, en muebles de jardín, como imitación de piel, etc. La lista podría ser interminable, lo que puede dar cuenta de su importancia, pero, sin embargo, suscita más preocupación ecológica que ningún otro plástico, ya que los productos de PVC son el resultado de una industria altamente tóxica y su utilización y vertido genera riesgos para la salud y para el medio ambiente.



El PVC produce un enorme impacto ambiental durante todo su ciclo de vida. Su producción va unida a la de cloro (sustancia altamente reactiva, tóxica e imposible de integrar en el ecosistema), al transporte de materiales explosivos peligrosos y a la generación de residuos tóxicos; para ablandarlo se le añaden aditivos químicos, metales pesados para estabilizarlo (el Cd evita el deterioro producido por los rayos UV), endurecerlo o colorearlo, y fungicidas para evitar que los hongos lo destruyan.

El vertido de PVC contamina el subsuelo y las aguas subterráneas con sus aditivos: cuando se quema en vertederos se produce ácido clorhídrico y cloruros metálicos; en su incineración se forman dioxinas, otros organoclorados tóxicos y metales pesados.

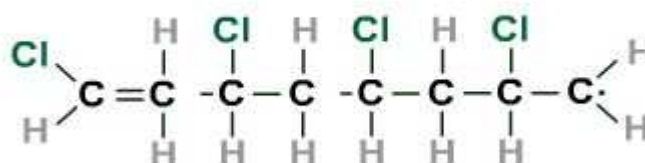
En la actualidad, se considera que este plástico es reciclable, pero el proceso se enfrenta a toda una serie de problemas, como el hecho de que el PVC contenga metales pesados como aditivos y lo antieconómico que resulta, ya que es más caro el plástico reciclado que el virgen.

## 5.1 Reacciones de polimerización

### Polimerización por adición

Este tipo de reacciones de polimerización se efectúa habitualmente con monómeros que tienen doble enlace carbono-carbono. Un ejemplo de este tipo de reacciones, muy importante desde el punto de vista industrial, es la que tiene lugar al adicionarse un alqueno a otro en presencia de un catalizador.

En el simulador puedes ver la polimerización para formar el policloruro de vinilo y el poliestireno, dos de los plásticos más conocidos.

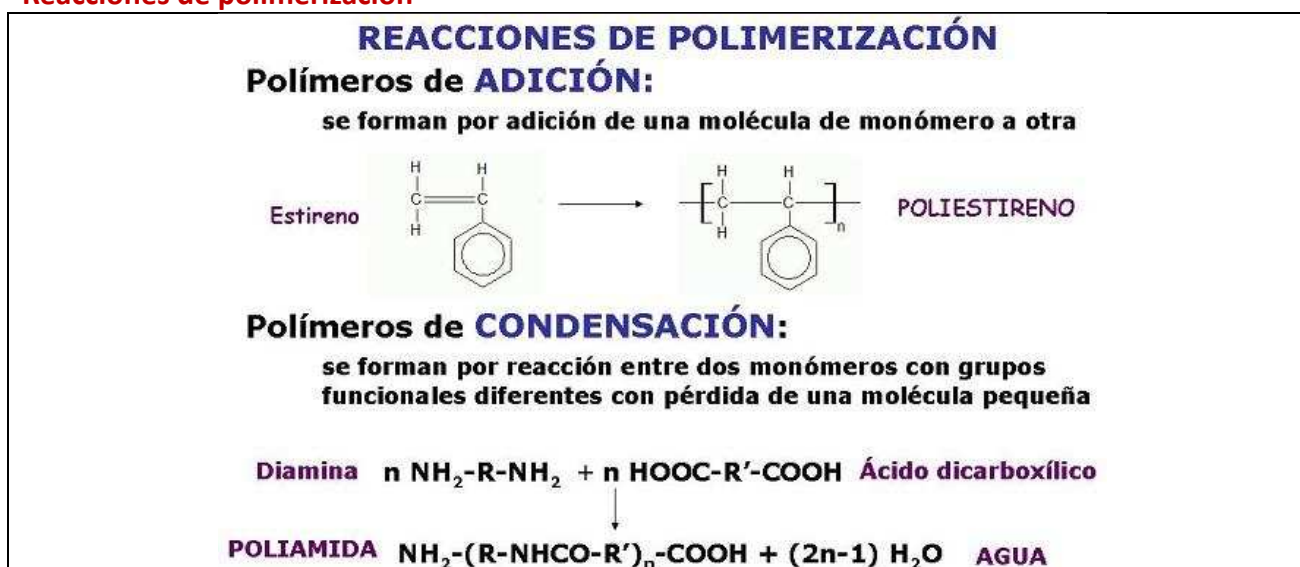


### Polimerización por condensación

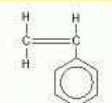
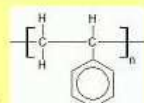
En este caso, la polimerización tiene lugar por reacción entre moléculas que poseen grupos funcionales. Se forman cuando las unidades de monómero se combinan para dar cadenas polímeras, muchas veces mediante la eliminación de moléculas pequeñas como las de agua.

Hay muchos ejemplos de reacciones de este tipo, a partir de las cuales se obtienen polímeros que se solidifican en gránulos, fibras o láminas. Algunas fibras se utilizan mezcladas con algodón para tejidos de punto o sin algodón para trajes, alfombras, cortinas, etc. Otras, por ejemplo las de poliéster, se utilizan para cintas magnéticas de audio y vídeo, cintas transportadoras, paneles, etc. En el simulador puedes ver la formación de péptidos a partir de varios aminoácidos. Si el número de monómeros unidos es superior a 100, lo que ha formado es una proteína.

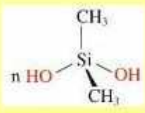
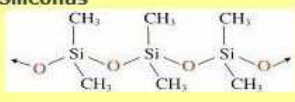
### Reacciones de polimerización



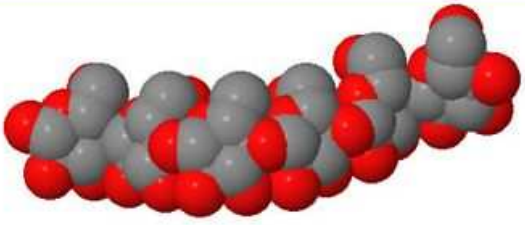

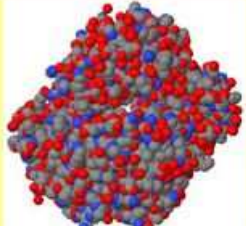
### Polímeros de adición

Monómero	Polímero	Usos principales
<b>Etileno</b> $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	<b>Polietileno</b> $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Bolsas, botellas, juguetes
<b>Cloruro de vinilo</b> $\text{CH}_2=\text{CHCl}$	<b>Policloruro de vinilo</b> $-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$	Ventanas, sillas, aislantes
<b>Tetrafluoroetileno</b> $\text{CF}_2=\text{CF}_2$	<b>PTFE (Teflón)</b> $-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$	Antiadherente, aislante
<b>Estireno</b> 	<b>Poliestireno</b> 	Aislante, envases desechables

### Polímeros de condensación

Monómero	Polímero	
<b>Etanodiol (etilenglicol)</b> $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$	<b>Polietilenglicol</b> $\dots\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}\dots$	Suele producirse por la pérdida de una molécula de agua entre 2 grupos (OH).
<b>Dialcohol</b> $\text{HOCH}_2-\text{R}-\text{CH}_2\text{OH}$ <b>Ácido dicarboxílico</b> $\text{HOOC}-\text{R}'-\text{COOH}$	<b>Poliésteres</b> $\text{OHCH}_2-(\text{R}-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{R}')_n-\text{COOH}$	Se producen por sucesivas reacciones de esterificación (alcohol y ácido) Forman tejidos. El más conocido es el "tergal" formado por ácido tereftálico (ácido p-benceno dicarboxílico) y el etilenglicol (etanodiol).
<b>Diamida</b> $\text{NH}_2-\text{R}-\text{NH}_2$  Ácido dicarboxílico $\text{HOOC}-\text{R}'-\text{COOH}$	<b>Poliamidas</b> $\text{NH}_2-(\text{R}-\text{NHCO}-\text{R}')_n-\text{COOH}$	Se producen por sucesivas reacciones entre el grupo ácido y el amino con formación de amidas. Forman fibras muy resistentes. La poliamida más conocida es el nailon 6,6 formado por la copolimerización del ácido adípico (ácido hexanodioico) y la 1,6-hexanodiamina
	<b>Siliconas</b> 	Proceden de monómeros del tipo $\text{R}_2\text{Si}(\text{OH})_2$ Se utiliza para sellar juntas debido a su carácter hidrofóbico

## 5.2 Biopolímeros

<b>Glúcidos</b> (celulosa)	
<b>Lípidos</b> (colesterol)	
<b>Proteínas</b> (hemoglobina)	

## 6. Industria petroquímica

La industria petroquímica es una de las industrias químicas de mayor importancia durante las últimas décadas, tanto a la hora de la producción de combustibles como por su contribución al desarrollo de nuevos materiales.

Esta industria utiliza el petróleo crudo y el gas natural, junto con otros combustibles fósiles, como materias primas para la obtención de otras sustancias químicas derivadas.



Este petróleo crudo que se ha extraído es un líquido pardo, viscoso, más ligero que el agua, difícilmente combustible y sin aplicaciones prácticas.

Sin duda el ejemplo más claro de industria petroquímica es la industria del petróleo. En la siguiente infografía puedes observar todo el proceso que dicha industria lleva a cabo, desde su extracción hasta la obtención de los productos resultantes en las refinerías.

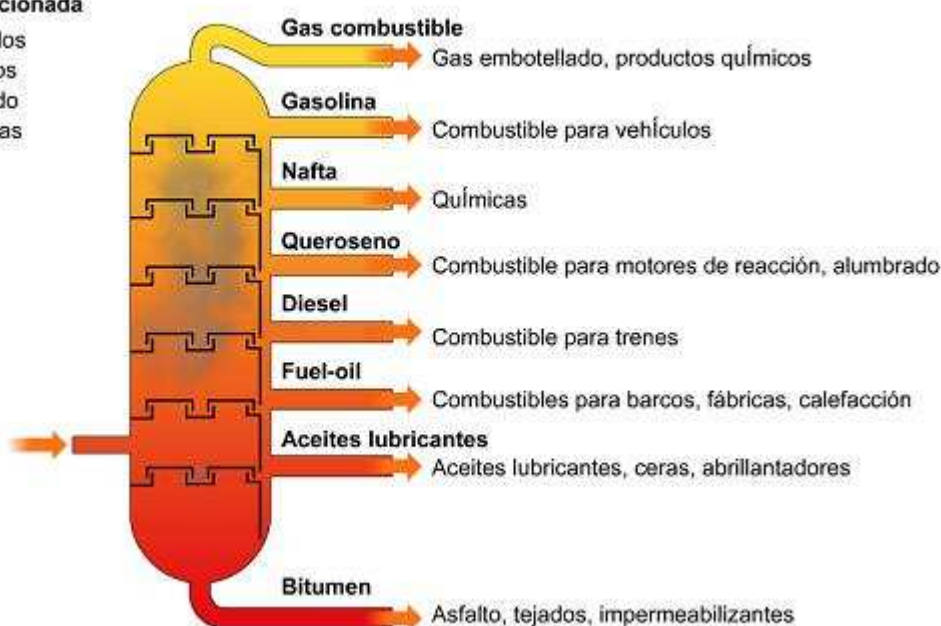
Los principales procesos seguidos en una refinería son los siguientes:

### 1) Destilación fraccionada

Tiene lugar en las denominadas torres de fraccionamiento, como la que puedes observar en la imagen. En esta operación se separan los distintos componentes (fracciones) del crudo. Con ese fin, se vaporiza en un horno y se lleva a la torre, donde los vapores se condensan a distintas alturas, en función de su densidad, situándose los más ligeros en la parte superior de la torre y los más pesados en la inferior. En la imagen se observa la distribución y los productos obtenidos en cada fracción:

#### Destilación fraccionada

La obtención de los distintos derivados depende del grado de ebullición de las fracciones o componentes del petróleo.



CONSUMER.es EROSKI

## 2) Refino

En esta etapa se eliminan impurezas y mejoran las propiedades de las fracciones obtenidas en la destilación fraccionada.

## 3) Craqueo

Mediante este proceso se fragmentan las cadenas largas de hidrocarburos en otras más cortas, con el fin de obtener combustibles como la gasolina.

## 4) Transformación en derivados

En esta etapa se transforman algunas fracciones en compuestos derivados de importancia industrial o económica, precursores de la síntesis de otros derivados de consumo como las olefinas o los hidrocarburos aromáticos, a partir de los cuales se obtienen productos de mayor valor como plásticos o fibras.

## 7. Nuevos materiales

La variedad de sustancias que se obtienen a partir de los productos de la industria petroquímica es inmensa, pero merece la pena detenerse en los más recientes, pues son los que han permitido (y permitirán) mejorar nuestra calidad de vida.

Entre estas nuevas sustancias destacan los denominados nuevos materiales, que están específicamente diseñados para procesos determinados.

### Plásticos y fibras

Los plásticos y fibras son polímeros. En su producción se busca que proporcionen propiedades que difícilmente pueden lograrse con materiales naturales, tales como ligereza, versatilidad, resistencia física, química y biológica o aspectos estéticos como el color o el tacto agradable.



Pese a denominarse plásticos, muchos de ellos no presentan en su estado utilizable esta propiedad, sino que la presentan cuando se encuentran fluidos durante su proceso de producción, para facilitar su moldeo.

Algunas de las propiedades comunes a la mayor parte de los plásticos y fibras son:

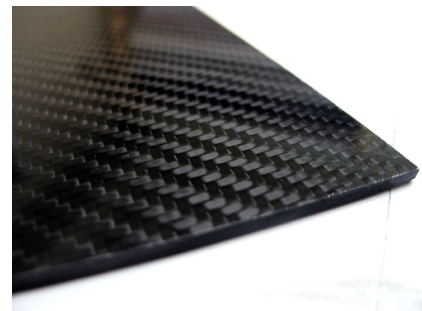
- Su fabricación industrial es barata.
- Son fácilmente manipulables en estado fluido.
- Tienen densidad baja.
- Son poco resistentes a las altas temperatura.
- Son aislantes de la electricidad.

### **Materiales compuestos (composites)**

Oímos hablar de fibra de carbono, kevlar, etc., y pensamos en vehículos de competición, cascos, aeronaves... Todos ellos son materiales compuestos o composites. Estos se caracterizan por estar formados por dos o más componentes, insolubles entre sí y que unidos presentan unas propiedades mejores de las que presentarían sus componentes por separado.

Los materiales compuestos poseen unas propiedades mecánicas de alto nivel, como buena resistencia a tracción, flexión, cortadura e impacto, junto con un peso reducido y un excelente comportamiento ante la corrosión provocada por agentes químicos o atmosféricos.

Otra ventaja es que no presentan ningún tipo de interferencia a las ondas electromagnéticas, ni conducen la electricidad, y en general son ignífugos, lo que les permite multitud de aplicaciones en instalaciones eléctricas, comunicaciones, etc.



### **Cerámicas técnicas**

Hasta hace poco la cerámica era la tradicional, basada en la arcilla, que da lugar a objetos duros, porosos y frágiles. Sin embargo, en las últimas décadas se han incorporado técnicas para mitigar estos problemas y acentuar las características favorables del material, permitiendo su uso en aplicaciones no tradicionales.

Por su resistencia y no presentar rechazo por parte del organismo se utilizan en prótesis, y en la industria espacial, por su comportamiento refractario y soportar muy bien altísimas temperaturas, así como en la fabricación de motores cerámicos.



# Tabla Periódica de los Elementos

1 IA New Original	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIII	9 VIII	10 IB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1 H 1.00784	2 He 4.002602	3 Li 6.941	4 Be 9.012182	5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.00674	8 O 15.9994	9 F 18.9984032	10 Ne 20.1797	11 Na 22.989770	12 Mg 24.3050	13 Al 26.981538	14 Si 28.0855	15 P 30.973761	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955910	22 Ti 47.887	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938049	26 Fe 55.8457	27 Co 58.933200	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.92150	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90550	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.90447	54 Xe 131.293
55 Cs 132.90545	56 Ba 137.327	57 to 71 Lanthanides	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.96655	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98038	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 to 103 Actinides	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (286)	117 Uus (289)	118 Uuo (289)
109 Meitnerium	110 Darmstadtium	111 Roentgenium	112 Copernicium	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	119 Uue	120 Uub	121 Uut	122 Uuq	123 Uup	124 Uuh	125 Uus	126 Uuo

C Solid  
Br Liquid  
H Gas  
Tc Synthetic

Alcalinos  
Alcalinotérreos  
Metales de transición  
Lantánidos

Actínidos  
Metales del bloque p  
No metales  
Gases nobles

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

57 La 138.9055	58 Ce 140.116	59 Pr 140.90765	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92534	66 Dy 162.500	67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93421	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
89 Ac (227)	90 Th 232.0381	91 Pa 231.03688	92 U 238.02891	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

Design Copyright © 1987 Michael DeWitt (michael@dayan.com) <http://www.dayan.com/periodic>