

La Química del Carbono

TEMA 8: LA QUÍMICA DEL CARBONO

1 PERSPECTIVA HISTÓRICA. CARACTERÍSTICA DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS

Fue Jöns Jakob Berzelius (1807), quien postuló que sólo los seres vivos podían producir compuestos orgánicos, mediante la acción de una **fuerza vital**. Sin embargo, en 1828 se produjo un hecho fundamental en la historia de la Química: la síntesis de la urea a partir de sustancias inorgánicas, amoníaco y cianato de plomo (II):



Este descubrimiento trajo consigo el abandono de la idea de **fuerza vital**. Posteriormente la síntesis de productos orgánicos ha sido muy fecunda, y todavía continúa en nuestros días de forma exponencial.

Actualmente mejor que **Química orgánica** se denomina **Química del carbono**, agrupando tanto a sustancias que proceden de seres vivos como a los sintetizados en el laboratorio.

Las propiedades más importantes que diferencian a los compuestos orgánicos de los inorgánicos son:

⇒ **Solubilidad:** los compuestos del carbono se disuelven preferentemente en disolventes orgánicos (alcohol, cloroformo, éter, gasolina,...), mientras que los inorgánicos lo hacen fundamentalmente en agua.

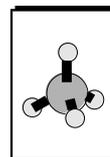
⇒ **Estabilidad:** los compuestos del carbono se descomponen a temperaturas relativamente bajas, en cambio, los inorgánicos resisten temperaturas altas, teniendo puntos de fusión generalmente elevados.

⇒ **Carácter de las reacciones:** las reacciones de los compuestos inorgánicos suelen ser de tipo iónico, *sencillas* y *prácticamente instantáneas*; por el contrario, las reacciones de los compuestos orgánicos suelen ser *lentas* y *complicadas*.

2 EL ÁTOMO DE CARBONO Y SUS ENLACES

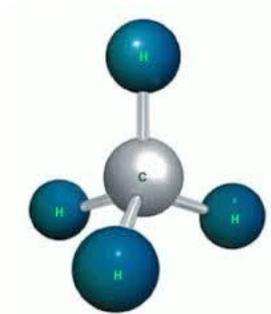
La estructura electrónica del átomo de carbono es $1s^2 2s^2 2p^2$, con dos electrones sin emparejar, que nos induce a pensar en **covalencia 2** para este elemento. Sin embargo, multitud de experiencias han puesto de manifiesto que el carbono es un compuesto **tetracovalente**. Podríamos explicar esta anomalía considerando que el carbono, antes de combinarse, promociona uno de sus electrones $2s^2$ al orbital $2p$ vacío, pues la diferencia de energía entre ambos orbitales es pequeña:



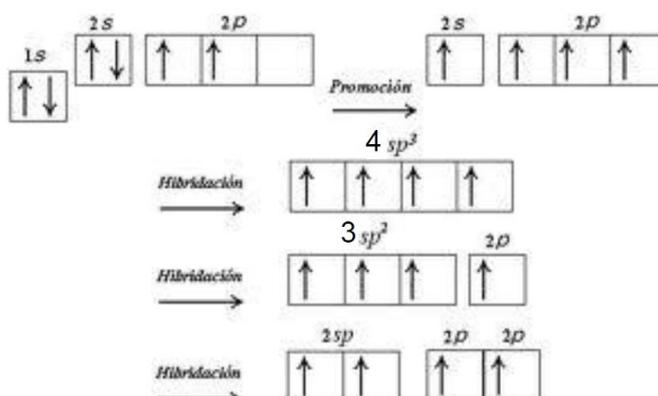


La Química del Carbono

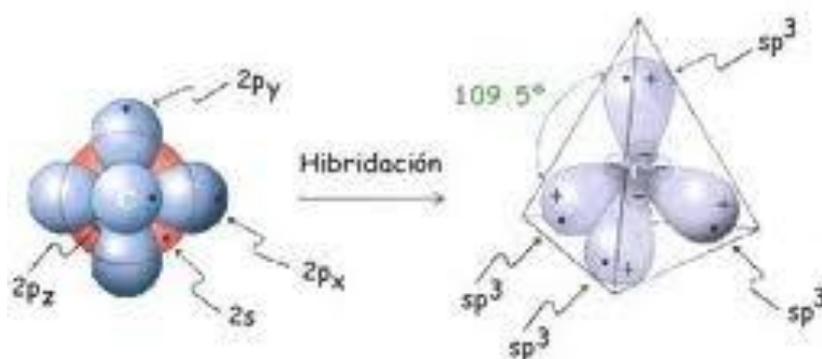
De esta forma, al tener cuatro electrones desapareados, el carbono puede formar cuatro enlaces covalentes, que, en principio, tendrían que ser distintos, a causa de las diferencias que existen entre los orbitales s y p. Sin embargo, la evidencia experimental es que el carbono en sus compuestos sencillos (**metano**), presenta todos sus enlaces equivalentes:



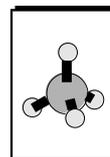
De acuerdo con Linus Pauling (1931), sólo una combinación lineal de orbitales atómicos produce otro conjunto de orbitales atómicos equivalentes. Estos orbitales reciben el nombre de **orbitales híbridos**:



Los orbitales híbridos sp^3 se encuentran dirigidos hacia los vértices de un tetraedro regular, formando ángulos entre sí de $109^{\circ}47'$ ($109,47^{\circ} \cong 109,5^{\circ}$). Es la hibridación conocida como hibridación **tetraédrica** o sp^3 :



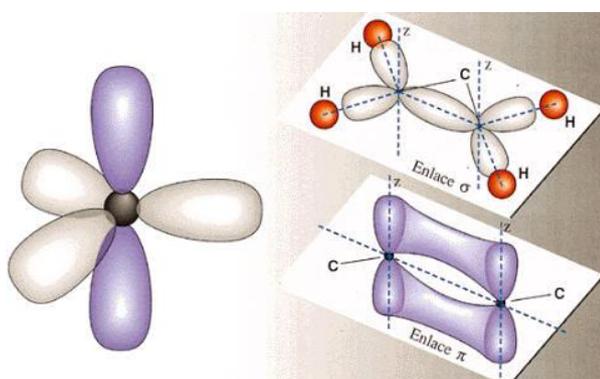
Los orbitales híbridos formados se solapan frontalmente con otros orbitales (híbridos o puros) originando **enlaces covalentes σ** . El consumo de energía que suponen los procesos de promoción e hibridación se ven superados con creces por



La Química del Carbono

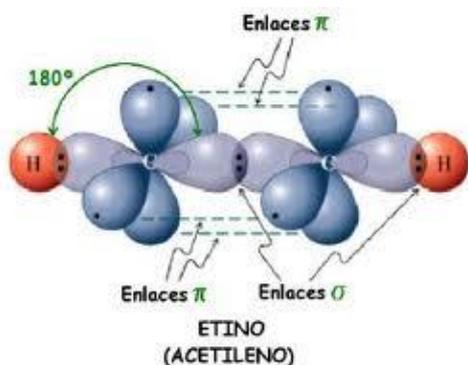
la desprendida en la formación de los cuatro enlaces. Además los orbitales híbridos tienen un **carácter direccional** que les permite un mayor solapamiento.

En el caso de los compuestos etilénicos (con doble enlace **C=C**), se presenta una hibridación en cada átomo de carbono **sp²** o **trigonal**, al intervenir sólo en los orbitales híbridos dos orbitales **2p** junto al orbital **2s**, quedando sin hibridar un orbital **2p** del átomo de carbono. Al aproximarse los dos átomos de carbono, dos orbitales híbridos **sp²** se solapan frontalmente formando un **enlace σ**, mientras que los orbitales **2p** de cada átomo sin hibridar se solapan lateralmente, al estar situados perpendicularmente al plano que contiene los orbitales híbridos, y forman un **enlace π** :

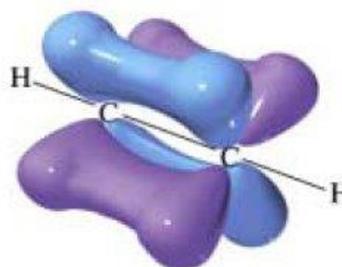


En el caso del etileno, $H_2C = CH_2$, cada hidrógeno se une a un orbital híbrido **sp²**, formándose 4 enlaces **σ**.

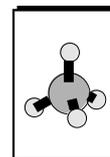
Para finalizar con los enlaces del átomo de carbono, todavía puede presentar otra forma de hibridación, la que se forma en los compuestos acetilénicos (triple enlace **C ≡ C**). En cada átomo de carbono sólo intervienen un orbital **2s** y un orbital **2p**, para formar orbitales híbridos **sp** o **digonales**, quedando dos orbitales **2p** perpendiculares sin hibridar en cada átomo de carbono. En consecuencia, es un enlace triple, **dos enlaces π** y **un enlace σ** de cada orbital híbrido **sp**:



Densidad electrónica π en la molécula de acetileno



Al formarse la molécula de acetileno, $HC \equiv CH$, los dos hidrógenos se unen a un orbital híbrido **sp** de cada átomo de carbono.



La Química del Carbono

3 GRUPOS FUNCIONALES Y SERIES HOMÓLOGAS

Un **grupo funcional** es un conjunto característico de átomos, que confiere a la molécula donde se encuentra una reactividad propia, sin tener en cuenta la forma que adopte el esqueleto de átomos de carbono que constituye el resto de la molécula.

Vamos a clasificar los grupos funcionales en la siguiente tabla:

DERIVADO	GRUPO FUNCIONAL	NOMBRE DEL GRUPO	FÓRMULA GENERAL
Haluros	-Cl, -Br, -F, -I \Rightarrow -X	haluro	R-X
Alcoholes	-OH	hidroxilo	R-OH
Éteres	-O-	oxi	R-O-R'
Cetonas	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	carbonilo	R-CO-R'
Aldehidos	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	carbonilo	R-CHO
Ácidos	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	carboxilo	R-COOH
Ésteres	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O-R}' \end{array}$	éster	R-COO-R'
Aminas	-NH ₂	amino	R-NH ₂
Amidas	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	carboxiamida	R-CO-NH ₂
Nitrilos	-C \equiv N	ciano	R-C \equiv N

Cada función química comprende una gran cantidad de compuestos cuyas cadenas se diferencian unas de otras en el número de átomos de carbono que las constituyen.

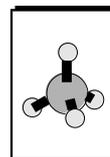
Una **serie homóloga** es un conjunto de compuestos que, teniendo el mismo grupo funcional, cada uno de ellos se diferencia del siguiente en que posee un grupo metileno (-CH₂-) menos en su molécula.

Dentro de una serie homóloga varían algunas propiedades de unos compuestos a otros, siendo en las propiedades físicas en las que más se acusa esta variación. En cambio, las propiedades químicas características de la función las presentan siempre más o menos acusadamente todos los compuestos de la serie.

Hay compuestos que son **polifuncionales**, y presentan varias funciones químicas (caso del ácido láctico CH₃-CHOH-COOH), presentando las propiedades de las funciones presentes; sin embargo, siempre predomina una función sobre otra.

Orden de preferencia

- Cuando en un compuesto hay **un sólo grupo funcional**, la cadena principal es la que contiene la función, y se numera de tal forma que corresponda al carbono de la función el localizador más bajo posible.



La Química del Carbono

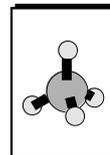
- Cuando en el compuesto hay **más de un grupo funcional**, la cadena principal es la que contiene la función preferente; las demás funciones no se tienen en cuenta y se nombran como sustituyentes.

El orden de preferencia acordado por la IUPAC es: ácido, éster, amida, nitrilo, aldehído, cetona, alcohol, fenol, amina, éter, enlace doble, enlace triple, halógeno, nitroderivado, radical alquilo.

4 ISOMERÍA

Se llaman **isómeros** a dos o más compuestos diferentes que tienen la misma **fórmula molecular**, pero **diferente fórmula estructural**, y diferentes propiedades físicas o químicas.

Isómeros estructurales:		
Los isómeros se diferencian por el orden en que están enlazados los átomos en la molécula.		
Isomería de cadena: Distinta colocación de algunos átomos en la cadena.	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Isomería de posición: Distinta posición del grupo funcional.	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$
Isomería de función: Distinto grupo funcional.	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$
Estereoisómeros:		
Los isómeros se diferencian por la disposición tridimensional de los átomos en la molécula.		
Isomería geométrica o cis-trans: propia de los compuestos con dobles enlaces.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$
Isomería óptica: propia de compuestos con carbonos asimétricos, es decir, con los cuatro sustituyentes diferentes.	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{OH} \text{---} \text{C} \text{---} \text{H} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H} \text{---} \text{C} \text{---} \text{HO} \\ \backslash \quad / \\ \text{CH}_3 \end{array}$



La Química del Carbono

Ejercicio 1.- ¿Qué tipo de isomería existe en cada una de las siguientes parejas de compuestos?:

- a) pentanal y pentan-2-ona.
- b) pentan-2-ona y pentan-3-ona.
- c) butan-1-ol y etoxietano.
- d) Etilamina y dimetilamina.
- e) Ácido butanoico y ácido metilpropanoico.

Ejercicio 2.- Escribir las fórmulas semidesarrolladas de todos los isómeros de cadena del hexano.

Ejercicio 3.- ¿Cuáles de los siguientes compuestos presentan isomería geométrica?:

- a) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH=CH}_2$
- b) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_3$
- c) $\text{CH}_3\text{-CH=CH-COOH}$
- d) CClBr=CH_2
- e) CHBr=CHCl
- f) $\text{CCl}_2\text{=CHBr}$

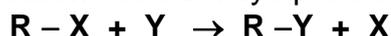
Ejercicio 4.- ¿Cuáles de los siguientes compuestos pueden ser ópticamente activos?:

- a) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CH}_3$
- b) $\text{CH}_3\text{-CHBr-CHCl-COOH}$
- c) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$

5 TIPOS DE REACCIONES ORGÁNICAS

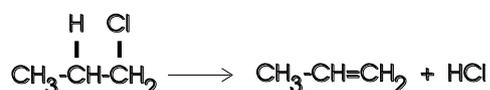
Casi todas las reacciones orgánicas requieren ruptura previa de enlaces covalentes, la mayoría de las reacciones orgánicas pertenecen a uno de los tres tipos siguientes:

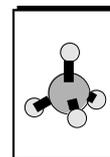
① **Reacciones de sustitución (o desplazamiento):** en las que un átomo o grupo enlazado a un átomo de carbono se sustituye por otro que entra en su lugar:



Por ejemplo: $\text{H-Br} + \text{CH}_3\text{-OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-Br} + \text{H}_2\text{O}$.

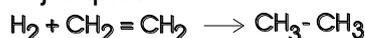
② **Reacciones de eliminación:** se caracterizan por la pérdida de una molécula pequeña del seno de una molécula mayor y la consiguiente formación de un enlace múltiple. Por ejemplo, la eliminación de ácido clorhídrico de la molécula del 1-cloropropano para obtener propeno:





La Química del Carbono

③ **Reacciones de adición:** inversas a las de eliminación, pues se adiciona una molécula al enlace doble de otra, convirtiéndolo en uno sencillo, o bien, si es triple, convirtiéndolo en doble, por ejemplo:



6 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS HIDROCARBUROS Y SUS DERIVADOS

Una de las fuentes más importantes de compuestos orgánicos es el petróleo, sustancia que se extrae mediante la perforación de depósitos subterráneos. Es un líquido viscoso y oscuro, formado principalmente por una mezcla de **hidrocarburos** (HC). Pero ¿qué son los hidrocarburos? Son sustancias formadas sólo por átomos de carbono e hidrógeno. Los hidrocarburos pueden clasificarse en HC **alifáticos** (de cadena lineal y cíclicos) y bencénicos o **aromáticos**. A su vez, los HC lineales se dividen en: alcanos, alquenos y alquinos.

6.1 ALCANOS

También conocidos como parafinas. Cada átomo de carbono está enlazado a otros 4 átomos (H o C), y se disponen en cadenas **lineales** o **ramificadas**. Todos los enlaces son sencillos, de ahí que se les conozca también como **HC saturados**.

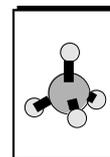
Su forma general es: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, donde se indica el número de carbonos con la letra n. Algunas **propiedades físicas** como punto de fusión y ebullición varían regularmente con la masa molecular, debido a que las fuerzas de Van der Waals aumentan, al hacerlo ésta:

Nombre	Fórmula	Masa molecular	P. F. (°C)	P. E. (°)
metano	CH_4	16	-183	-162
etano	C_2H_6	30	-172	-89
propano	C_3H_8	44	-187	-42
butano	C_4H_{10}	58	-135	0
pentano	C_5H_{12}	72	-130	36

Por otra parte, en los isómeros, los puntos de ebullición son tanto más bajos cuando más ramificada está la cadena. Esta tendencia está relacionada con la ausencia de **momento dipolar** en las moléculas muy ramificadas, lo que produce la inexistencia de fuerzas de cohesión en el estado líquido:

Nombre	Masa molecular	P. E. (°C)	Fórmula
pentano	72	36	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
metilbutano	72	28	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
dimetilpropano	72	9,5	$\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_3$

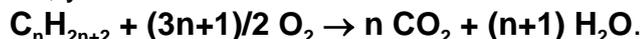
Propiedades químicas



La Química del Carbono

La reactividad de los alcanos es baja, siendo muy estables.

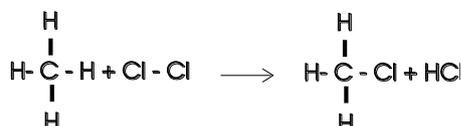
❖ Son combustibles, y la reacción de combustión es:



Cuando un alcano pierde un átomo de H, el fragmento molecular se denomina **radical** (metilo: - CH₃).

❖ Una reacción importante de los alcanos es la **pirólisis** o **cracking**; consiste en la descomposición por el calor, entre 500 - 600 °C, en ausencia de aire, de hidrocarburos de cadena larga, originándose numerosos compuestos de cadena más corta.

❖ Una reacción común entre los alcanos es la **sustitución** vía *radicales*, por ejemplo, la **halogenación**:



Esta es una reacción del tipo radical, que se verifica violentamente cuando se mezcla cloro y metano a la luz solar. Se produce la ruptura del enlace Cl - Cl, en dos radicales Cl·, iniciándose una reacción en cadena, donde se rompe el enlace C - H. En este caso es difícil controlar la cloración, obteniéndose distintos productos: CH₃Cl, CH₂Cl₂, CHCl₃, CCl₄.

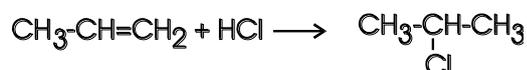
6.2 ALQUENOS

Los alquenos son HC que incluyen en su estructura al menos un doble enlace carbono-carbono (C_nH_{2n}). Sus propiedades físicas son muy parecidas a las de los HC saturados correspondientes, de tal manera que alcanos y alquenos con el mismo número de átomos de carbono tienen puntos de fusión y ebullición parecidos. Ambos tipos de compuestos son insolubles en agua.

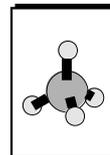
Propiedades químicas

Los alquenos son más reactivos que los alcanos. Podemos distinguir tres tipos de reacciones: combustión (totalmente análoga a la de los alcanos), polimerización (ver punto 16, al final del tema) y adición.

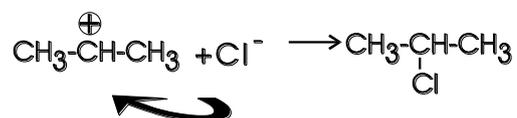
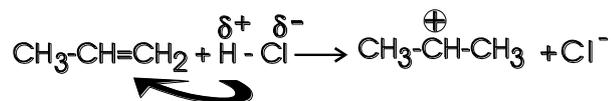
❖ **Reacciones de adición**: dos átomos de carbono unidos por un enlace doble, al romperse, se unen a otros átomos o grupos atómicos, con formación de enlaces más sencillos; Estas adiciones son de tipo electrófilo, ya que el par de electrones π, confiere al doble enlace una alta densidad electrónica. Por ejemplo la adición de ácido clorhídrico a propeno:



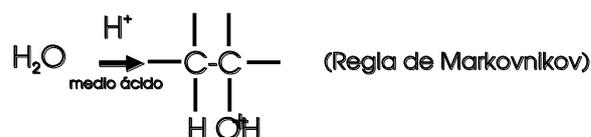
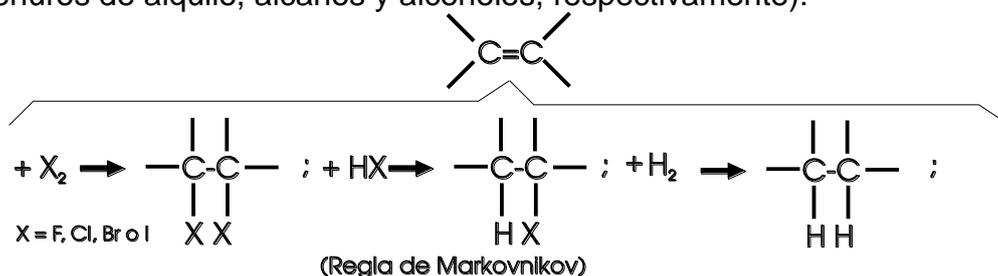
La reacción comienza con el ataque electrófilo del H, deficiente de electrones, del HCl:



La Química del Carbono



En el cuadro siguiente se exponen las adiciones principales al doble enlace (halógenos, haluros de hidrógeno, hidrógeno y agua en medio ácido, que producen halogenuros de alquilo, alcanos y alcoholes, respectivamente):



En el caso de los *alquenos asimétricos*, la adición del haluro de hidrógeno y agua (en medio ácido) se produce de manera que el hidrógeno se adiciona sobre el carbono más hidrogenado (**regla de Markovnikov**):



$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ (adición de agua en medio ácido)

- Ejercicio 5.-** a) ¿Qué compuesto se forma después de añadir Cl₂ al eteno?
b) ¿Y si añadimos hidrógeno en presencia de un catalizador metálico?
c) ¿Y agua en medio ácido al but-2-eno?
d) ¿Y HCl al but-1-eno?

6.3 ALQUINOS

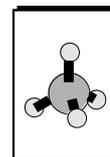
Los hidrocarburos con triple enlace reciben el nombre de alquinos (C_nH_{2n-2}). Su reactividad es parecida a la de los alquenos, produciendo similares reacciones de adición y polimerización.

(Selectividad 2011)

Ejercicio 6.- Dada la siguiente transformación química: HC≡CCH₂CH₃ + x A → B

Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Cuando x = 2 y A = Cl₂ el producto B presenta isomería geométrica.



La Química del Carbono

- b) Cuando $x = 1$ y $A = H_2$ el producto B presenta isomería geométrica.
c) Cuando $x = 1$ y $A = Br_2$ el producto B presenta isomería geométrica.

El alquino más importante es el etino o acetileno. Es un gas inflamable, muy utilizado como gas de soldadura, pues la temperatura que se alcanza en su combustión es de unos $2\ 800\ ^\circ C$. También es punto de partida para la obtención de otros productos de interés industrial, principalmente por polimerización.

6.4 HIDROCARBUROS CÍCLICOS

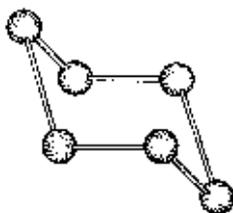
Estos hidrocarburos se caracterizan por poseer en su molécula al menos un anillo, formado por la unión de tres o más carbonos en forma de ciclos. Pueden ser saturados o no.

Sus propiedades físicas no se diferencian mucho de las que corresponden a los HC de cadena abierta.

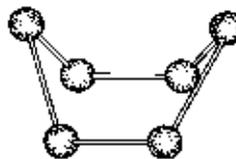
La reactividad es elevada para los ciclos pequeños (3 ó 4 átomos de carbono), y baja para los ciclos de 5 ó 6 átomos, que son bastantes estables.

El HC cíclico más importante es el **ciclohexano**, C_6H_{12} , muy empleado como disolvente orgánico, y como materia prima en la síntesis del nailon.

El ciclohexano puede presentarse en dos configuraciones distintas: en **silla** y **bañera**, de las cuales la primera es mucho más estable que la segunda:



Configuración en silla



Configuración en bañera

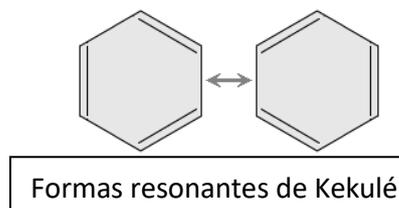
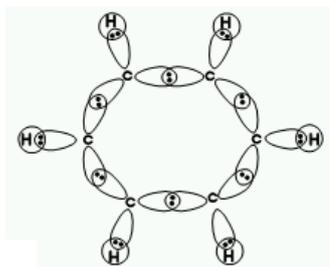
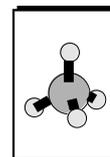
6.5 HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

A estos HC se les asignó inicialmente el nombre de aromático a causa de los olores intensos y agradables que presentan la mayoría de ellos. A efectos de sistematización, pueden considerarse como derivados del benceno, cuyo estudio abordaremos en primer lugar.

La fórmula molecular del **benceno** es C_6H_6 , y su estructura confundió durante mucho tiempo a los químicos, pues se consideró, en principio, que era una estructura cíclica con varias insaturaciones. Sin embargo, el estudio de su estructura confirmó que los enlaces C-C eran idénticos.

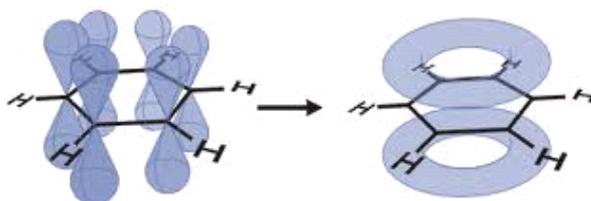
Hoy se admite que cada átomo de carbono experimenta hibridación sp^2 , que conduce a la formación de tres orbitales híbridos equivalentes, que se unen: dos de ellos a dos átomos de carbono y el tercero a un hidrógeno (fig. izqda.). De esta forma, a cada carbono le queda todavía un electrón sin emparejar, situado en un orbital $2p_z$ no hibridado y perpendicular al plano molecular. Los orbitales p_z sin hibridar se combinan entre sí, dos a dos, para formar tres enlaces π :

La Química del Carbono

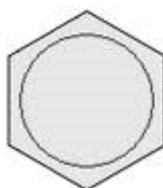


La teoría de orbitales moleculares (**TOM**, que no veremos en este curso) predice para el benceno la existencia de seis orbitales π deslocalizados (tres enlazantes y tres antienlazantes), alojándose los seis electrones p_z en los tres orbitales moleculares enlazantes, que son los de menor energía. Estos *orbitales deslocalizados* se extienden a todo el anillo, situándose simétricamente a ambos lados de él, por encima y por debajo del plano en que se encuentran los núcleos atómicos.

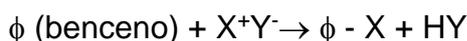
En la figura aparecen los orbitales indicados:



Para poner de manifiesto su estructura singular, la representación actual del benceno es:

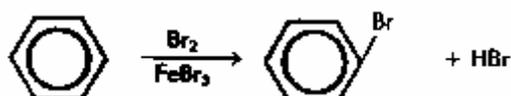


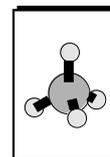
El comportamiento químico del benceno nos proporciona datos sobre la estabilidad de sus enlaces, pues no experimenta las reacciones propias de los hidrocarburos insaturados. En cambio, presenta **reacciones de sustitución de naturaleza electrófila** (en la reacción siguiente, X^+ es el electrófilo) de un átomo de H:



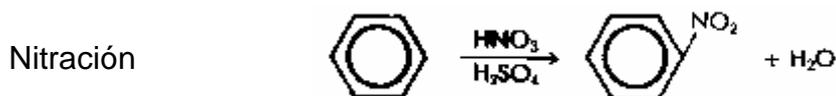
A continuación, se muestran algunas reacciones de sustitución del anillo bencénico, **catalizado** por diferentes compuestos

Halogenación

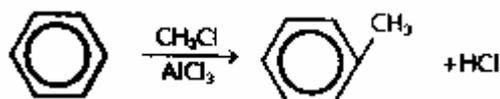




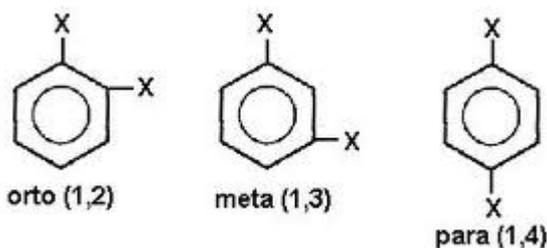
La Química del Carbono



Alquilación:

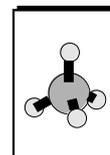


Para los derivados disustituídos (con dos sustituyentes) del benceno suelen utilizarse los prefijos orto-, meta- y para-:

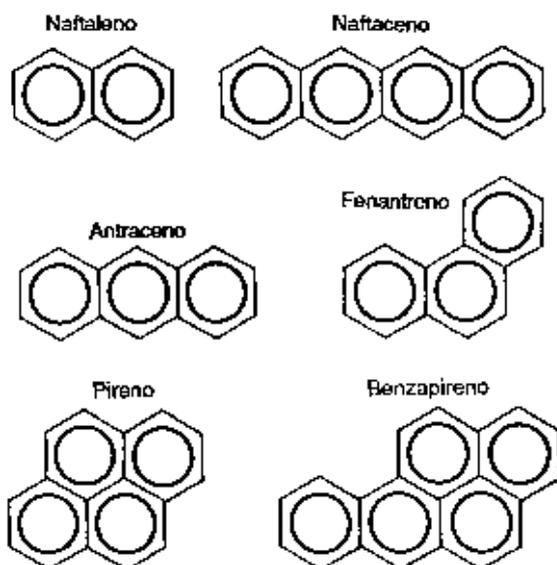


El uso industrial del benceno y de sus derivados es muy amplio, utilizándose como disolventes, colorantes,...

Entre los compuestos con núcleos bencénicos derivados los más importantes son el **naftaleno**, **fenantreno** y **antraceno**. Los tres se obtienen por destilación fraccionada del alquitrán de la hulla. El naftaleno se emplea como insecticida (prevención de la polilla), y en la preparación de otros muchos compuestos orgánicos; también es utilizado en la industria de los colorantes, mientras el fenantreno es precursor de muchos compuestos de interés orgánico como ácidos biliares, hormonas sexuales y sustancias cancerígenas. En la fig. se muestran compuestos aromáticos derivados del benceno:



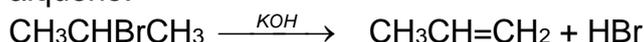
La Química del Carbono



7 DERIVADOS HALOGENADOS

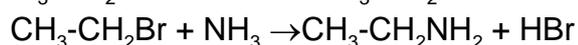
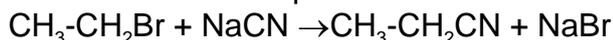
Los derivados halogenados resultan de la sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno de un HC por un halógeno. Se obtienen por adición de los haluros de hidrógeno correspondientes al doble enlace, como vimos en las reacciones típicas de los alquenos, por lo que pueden dar la reacción inversa:

- Eliminación de halogenuro de alquilo (en presencia de KOH) para dar un alqueno:

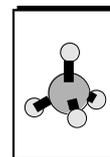


Son compuestos muy reactivos, debido a la polaridad en el enlace carbono-halógeno:

- Un derivado halogenado con hidróxido sódico o potásico puede dar un alqueno por eliminación o también puede formar un alcohol por sustitución, las dos reacciones compiten y el que se de una u otra depende, entre otros factores, de la posición del halógeno en la molécula: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Br} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{NaBr}$
- También pueden dar reacciones de sustitución de grupos nucleófilos (ricos en electrones que van buscando centros positivos con déficit de éstos):



Los derivados halogenados antiguamente se empleaban como insecticidas, caso del DDT (DicloroDifenilTricloroetano), o bien como agentes propelentes en los aerosoles (CFC, CloroFluoroCarbonos) aunque actualmente están prohibidos debido a que su uso produce un daño irreparable en la naturaleza.



La Química del Carbono

8 ALCOHOLES

El grupo **hidroxilo**, -OH, es propio de alcoholes y fenoles. Cuando un hidroxilo está unido a un carbono saturado, el compuesto es un alcohol: R-OH. Si está ligado a un carbono aromático es un **fenol**: Ar-OH.

El grupo hidroxilo comunica a alcoholes y fenoles algunas propiedades parecidas a las del agua, pues ambos pueden considerarse derivados del agua, sustituyendo un hidrógeno por un alquilo o por un arilo, respectivamente:

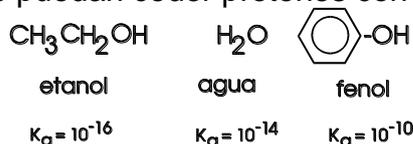


La reactividad del grupo hidroxilo se debe a la **polaridad** de los enlaces del átomo de oxígeno, O-H y C-OH, de ahí que los alcoholes sean en su mayoría líquidos a temperatura ambiente, debido a la capacidad de formar puentes de hidrógeno.

Ejercicio 7.- Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

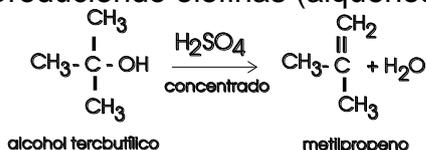
- El punto de ebullición del butano es menor que el de butan-1-ol.
- La molécula CHCl_3 posee una geometría tetraédrica con el átomo de carbono ocupando la posición central.
- El etano es más soluble en agua que el etanol.

En el caso de los fenoles, presentan cierto carácter ácido, pues el enlace C-O se encuentra fortalecido por *deslocalización electrónica* a causa de los electrones π del anillo bencénico, de ahí que puedan ceder protones con cierta facilidad:

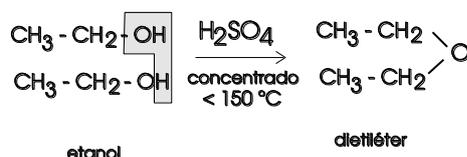


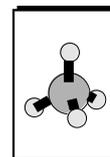
El alcohol más común es el etanol, de gran importancia biológica e industrial.

Reacciones de eliminación: al calentar los alcoholes con un agente deshidratante (ácido sulfúrico concentrado) experimentan una reacción de deshidratación *intramolecular* produciendo olefinas (alquenos):



Otro camino para la deshidratación es calentar además de la presencia del ácido sulfúrico, pero sin superar los 150 °C, en este caso se producen deshidrataciones *intermoleculares* obteniéndose éteres:



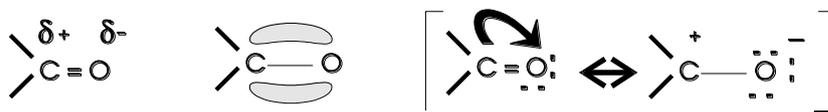


La Química del Carbono

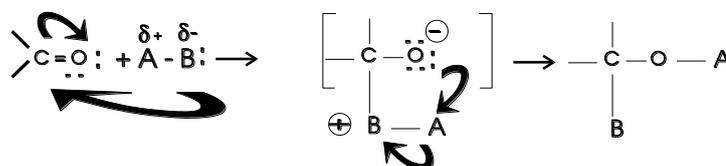
Ejercicio 8.- ¿Qué productos obtenemos al calentar propanol con ácido sulfúrico concentrado?

9 ALDEHIDOS Y CETONAS

Los aldehidos y cetonas tienen en común el grupo **carbonil** >C=O . La estructura de este grupo es análoga a la del doble enlace C=C , es decir formado por un enlace σ y otro π . Pero la diferencia es que el grupo carbonilo está polarizado por la gran electronegatividad del oxígeno, lo que le confiere reactividad. Podemos representar el grupo carbonilo como híbrido de dos formas resonantes:

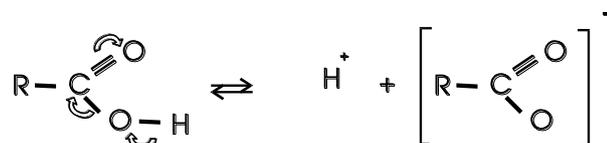


❖ **Reacciones de adición nucleófila:** son fácilmente atacados por nucleófilos (con carga negativa), la reacción general podemos formularla como:



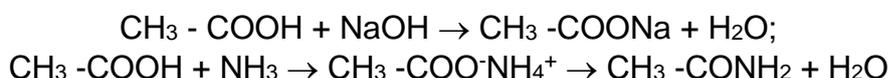
10 ÁCIDOS

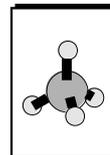
Los ácidos orgánicos se caracterizan por tener en su molécula el grupo **carboxilo** ($-\text{COOH}$) que confiere a estas moléculas sus propiedades ácidas características:



Los sustituyentes que atraigan electrones aumentarán la acidez del ácido, por ejemplo, el ácido cloroacético es más ácido que el fórmico: $\text{ClCH}_2\text{-COOH}$ ($k_a = 1,4 \cdot 10^{-3}$) $>$ HCOOH ($k_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$).

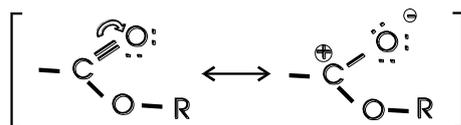
Dado su carácter ácido, reaccionan con las bases formando sales; si la base es el amoníaco, se forma una sal amónica, que al calentarse se deshidrata y forma una amida:





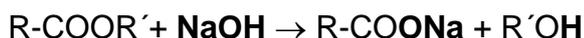
11 ÉSTERES

Los ésteres son los compuestos que resultan de sustituir el H del grupo carboxilo por un radical alquilo R. La fórmula estructural de un éster es R-COOR', que puede representarse por las fórmulas resonantes:

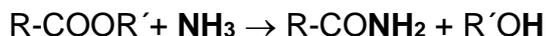


Los ésteres son sólidos en su mayoría, aunque los líquidos poseen olores agradables, y, por tanto, son utilizados como *esencias*.

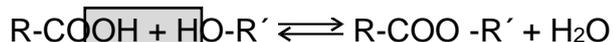
Los ésteres, igual que los ácidos carboxílicos, poseen un carbono con deficiencia de electrones. Dicho carbono es atacado fácilmente por reactivos nucleófilos, que sustituyen al grupo OR'. Un ejemplo es el proceso de **saponificación**:



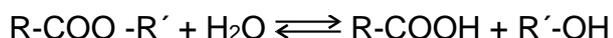
Otro ejemplo de sustitución nucleófila es la llamada **amonólisis**:



Cuando un ácido reacciona con un alcohol se produce un éster y agua. El proceso es reversible y se lleva a cabo con más facilidad en alcoholes primarios, catalizado con H₂SO₄:



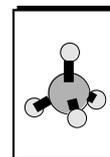
Por hidrólisis del éster se obtienen los compuestos originales:



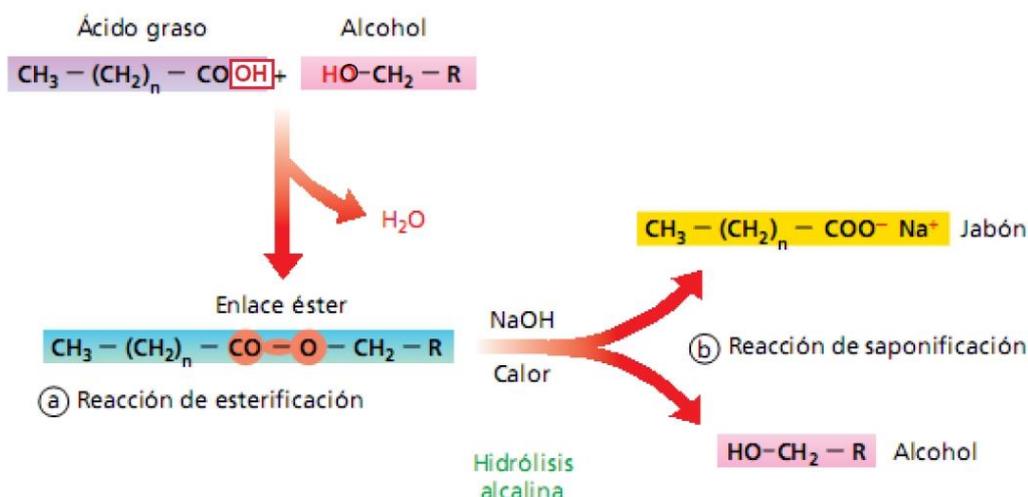
JABONES Y DETERGENTES

El jabón se inventó hace unos 2 000 años, y hasta el siglo XVII la mayoría de la gente fabricaba su propio jabón. Para ello, hervían grasas animales con álcalis, tales como el carbonato de potasio, obtenido de las cenizas de la madera. Los jabones caseros eran sólidos, amarillos y de olor no muy agradable. A los modernos se les añaden perfumes y colorantes.

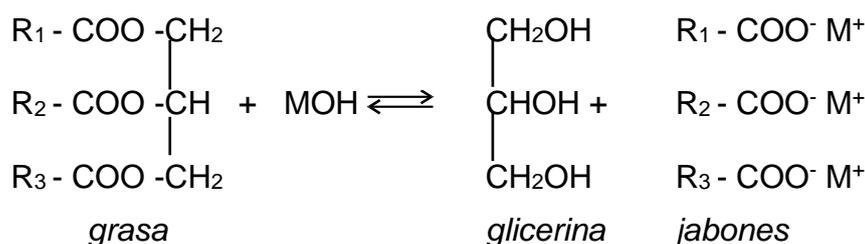
Las grasas son **triésteres**, formados por la combinación de tres ácidos orgánicos de cadena larga (**ácidos grasos**) y un trialcohol llamado **glicerina** (CH₂OH-CHOH-CH₂OH), es la reacción **(a)**



La Química del Carbono

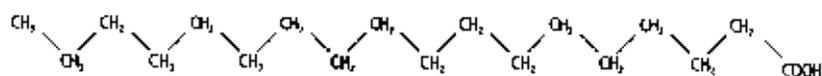


Posteriormente, al hervir una grasa con una base (KOH o NaOH), se rompe dejando libres los ácidos grasos y la glicerina (**saponificación**), es la reacción (b)



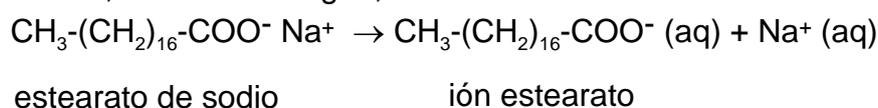
Las sales sódicas o potásicas de los ácidos grasos, formados al reaccionar éstos con el álcali, son jabones.

Un ácido graso típico es el **ácido esteárico**, $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$, cuya fórmula desarrollada es:

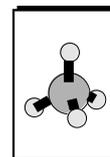


Su sal sódica, el estearato de sodio, es un ejemplo de un jabón.

Los jabones, disueltos en agua, se disocian:



El ión estearato es el verdadero *agente limpiador*. Consta de una cadena larga de átomos de carbono e hidrógeno unidos covalentemente (la *cola*) y un grupo iónico (la *cabeza*):



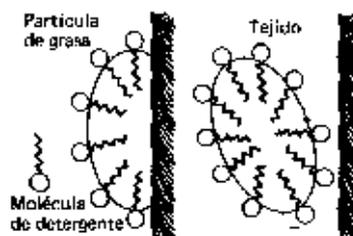
La Química del Carbono



La cola covalente repele al agua (es **hidrófoba**), pero atrae los compuestos covalentes como la grasa. Por el contrario, la cabeza atrae las moléculas de agua (es **hidrófilica**). La capacidad limpiadora de un jabón reside en poder mezclarse tanto con el agua como con la grasa (suciedad).

Hoy se sintetizan compuestos, los **detergentes sintéticos**, con una estructura similar a la de los jabones, pero utilizando materias primas derivadas del petróleo.

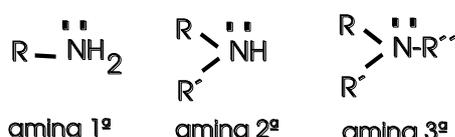
En la figura siguiente se observa el mecanismo de acción de jabones y detergentes, las cabezas quedan hacia afuera, y al ser hidrófilas, son arrastradas por el agua:



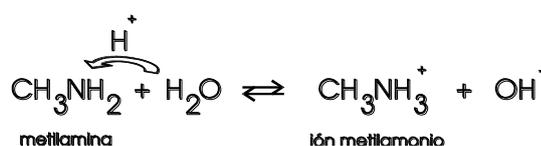
12 AMINAS

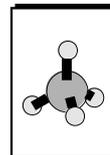
Podemos considerar las aminas como derivados del amoníaco, sustituyendo uno, dos o los tres átomos de hidrógeno por radicales hidrocarbonados.

De esta forma existen tres clases de aminas:



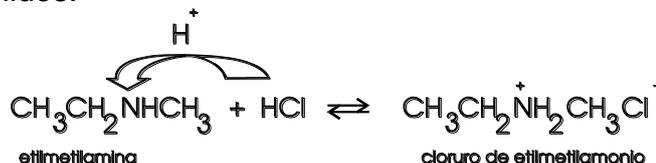
❖ **Reacciones ácido-base:** el par de electrones no enlazante del átomo de nitrógeno, igual que en el amoníaco, es responsable del carácter básico de las aminas, produciendo reacciones ácido-base:





La Química del Carbono

❖ Con ácidos, tanto orgánicos como inorgánicos, reaccionan formando sales de amonio, que son sólidos:

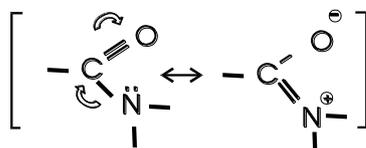


❖ El par de electrones sin compartir del nitrógeno del grupo amino hace que las aminas sean **reactivos nucleófilos** capaces de atacar a átomos con deficiencia de electrones:



13 AMIDAS

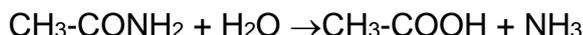
La sustitución del grupo -OH de un ácido carboxílico por un grupo -NH₂, por un grupo -NHR, o por uno -NRR', da lugar a una amida primaria, secundaria o terciaria, respectivamente. Por tanto, el grupo funcional de las amidas y su forma resonante pueden representarse de la siguiente manera:



Dado que el par de electrones no compartidos del nitrógeno está deslocalizado por el grupo carbonilo, las amidas son mucho menos básicas que las aminas.

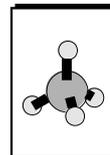
La polaridad del grupo amida hace que las amidas sean bastante solubles en agua, y posean puntos de ebullición altos. Salvo la metanamida, que es líquida, todas las amidas sencillas son sólidas a temperatura ambiente.

❖ La reacción más característica de las amidas es la sustitución del grupo NH₂ por un reactivo nucleófilo; por ejemplo, la hidrólisis:

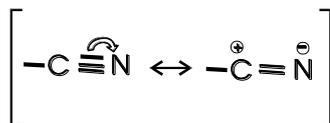


14 NITRILOS

Los nitrilos poseen el grupo funcional ciano, -C≡N, que puede representarse mediante las formas resonantes:



La Química del Carbono



La polaridad del enlace C-N hace que los términos inferiores sean solubles en agua y que sus puntos de ebullición sean superiores a los de los hidrocarburos similares.

Se hidrolizan en medio ácido formando una amida:

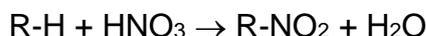


La reacción inversa, deshidratación de amidas, es un método para obtener nitrilos.

15 NITRODERIVADOS

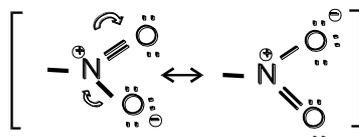
Poseen en su molécula el grupo nitro, $-\text{NO}_2$, unido a un radical. Pueden considerarse primarios, secundarios o terciarios, según el tipo de átomo de carbono que lleve unido el grupo nitro.

Los nitrocompuestos alifáticos se pueden obtener haciendo reaccionar a temperaturas superiores a 400°C el hidrocarburo en estado gaseoso con vapores de ácido nítrico:

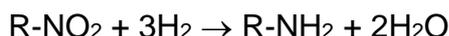


Los nitroderivados son líquidos de olor agradable, poco solubles en agua, pero muy solubles en disolventes orgánicos. Tienen momentos dipolares muy elevados, lo que conduce a puntos de ebullición mucho más altos que los de los hidrocarburos semejantes.

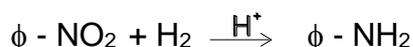
La estructura del grupo nitro puede considerarse híbrido de resonancia entre dos formas resonantes:

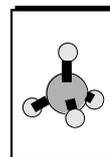


Los nitroderivados alifáticos se reducen con facilidad por hidrogenación a aminas primarias:



Los nitroderivados aromáticos se reducen en medio ácido, como es el caso del nitrobeneno para dar anilina:





La Química del Carbono

16 POLIMERIZACIÓN

Un **polímero** (del griego *poly*, muchos, y *meros*, partes o segmentos) es un producto **constituido por grandes moléculas** formadas por una **secuencia de unidades moleculares menores** llamadas **monómeros**. Esas sustancias macromoleculares **tienen propiedades completamente diferentes a los monómeros que las componen**.

Muchas de las sustancias orgánicas presentes en la materia viva, como las proteínas, la madera, la quitina, el caucho y las resinas, son polímeros. También lo son gran cantidad de materiales sintéticos como los plásticos, las fibras (nylon, rayón), los adhesivos, el vidrio y la porcelana.

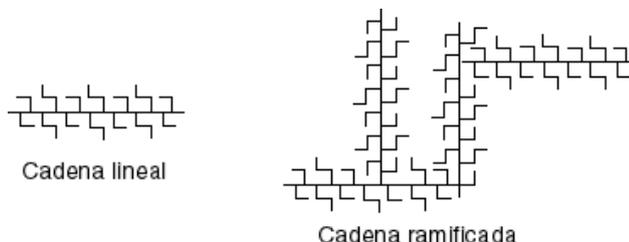
Los polímeros se pueden clasificar atendiendo a los siguientes criterios:

a) por el **tipo de monómeros** que los forman se distinguen los **homopolímeros** (monómeros iguales) y los **copolímeros** (más de un monómero distinto).

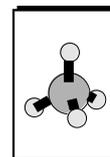
b) por el **número de moléculas de monómero** que constituyen la molécula son: **oligómeros** y **polímeros propiamente dichos**. Los oligómeros, caracterizados por moléculas que **contienen un número pequeño de monómeros**, se nombran anteponiendo al nombre del compuesto el prefijo numeral griego correspondiente (dímeros, trímeros, tetrameros, etc.).

c) por su **elasticidad** a distintas temperaturas se distinguen los **elastómeros**, **termoplásticos** y **termofijos**. Los primeros son muy elásticos a temperatura ambiente, mientras que los termoplásticos lo son a temperaturas moderadas y los termofijos son rígidos.

d) por la **estructura de su cadena** los polímeros son **lineales** o de **cadena ramificada**. Los primeros presentan una cadena lineal y forman, en general, polímeros elastómeros o termoplásticos. Los polímeros de cadena ramificada se caracterizan por poseer enlaces no sólo en la dirección de la estructura lineal, sino que tienen cadenas laterales que a su vez están enlazadas a otras cadenas. Estos enlaces en varias direcciones proporcionan mayor compacidad al polímero que, en general, es termofijo.



e) por su **procedencia** los polímeros se pueden dividir en **naturales** y **sintéticos**.



La Química del Carbono

Se denomina **polimerización** al proceso mediante el cual se forman **polímeros a partir de monómeros**.

Algunos polímeros importantes son:

- **Poliétileno**: se denomina **polietileno** a cada uno de los **polímeros del etileno (eteno)**. La fabricación de polímeros consume el 60% del etileno que se produce. El polietileno es probablemente el polímero que más se ve en la vida diaria. Es el **plástico más popular del mundo**. Existen, básicamente, dos tipos de polietileno, el **polietileno de baja densidad** y el **polietileno de alta densidad**



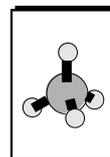
Un derivado muy importante es el **tereftalato de polietileno (PET)**, muy conocido porque se usa sobre todo para fabricar envases de refrescos y bebidas en general.

- El **cloruro de polivinilo (PVC)** se obtiene por polimerización del cloruro de vinilo mediante el siguiente proceso:



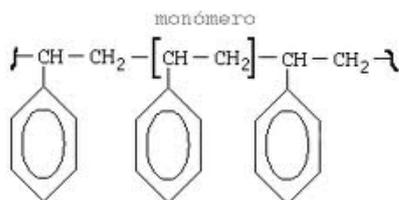
El PVC es un material **termoplástico**, es decir, se reblandece al calentarlo (140 a 250° C), pudiendo moldearlo fácilmente. Cuando se enfría recupera la consistencia inicial adoptando la nueva forma. En su estado original es un polvo de color blanco. Es ligero, inerte e inócuo. Resiste al fuego (no propaga la llama), aislante (térmico, eléctrico y acústico), impermeable y reciclable. Es el plástico que menos depende del petróleo puesto que en su composición interviene el Cl en gran parte.





La Química del Carbono

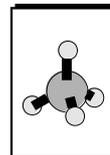
- El **poliestireno** es el producto resultante de la polimerización del estireno. Tiene la siguiente fórmula:



El **estireno**, etenilbenceno o vinilbenceno, se obtiene a partir de **etileno** y **benceno** y se polimeriza lentamente a temperatura ambiente. Su velocidad de polimerización aumenta al aumentar la temperatura.

El poliestireno es un plástico económico y resistente. Probablemente sea el plástico más popular después del polietileno. Con él se fabrican cajas para computadoras, maquetas, juguetes, recipientes de uso industrial y doméstico, recubrimientos de paredes, revestimientos internos de refrigeradores y otros muchos objetos y componentes.





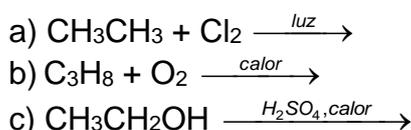
La Química del Carbono

PREGUNTAS DE SELECTIVIDAD

1) Formular y nombrar:

Nitrobenzeno; $\text{CH}\equiv\text{CH}$; 2-cloropropanal; CH_4 ; trietilamina; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$; 1,2-dibromoeteno; CH_3Cl ; ácido 2-hidroxibutanoico; CH_3COCH_3 ; propanal; $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$; ácido benzoico; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$; ácido propanoico; $\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{CH}_3$; but-2-ino; $\text{CH}_2\text{OH CH}_2\text{OH}$; tribromometano; CH_3COOH ; benceno; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$; ácido 2-metilpentanoico; CH_3CHO clorobenceno; $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$; CH_3NH_2 ; p-nitrofenol; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NHCH}_3$.

2) Complete las siguientes reacciones y ajuste la de combustión:



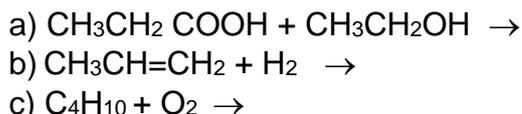
3) Defina serie homóloga e indique cuáles de los siguientes compuestos pertenecen a la misma serie que CH_3OH :

- a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$;
- b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$;
- c) CH_3COOH .

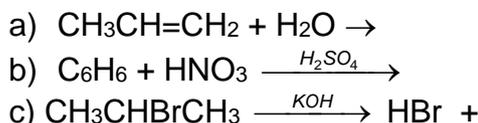
4) Dados los siguientes compuestos orgánicos: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$; CH_3OH ; $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$.Indique razonadamente:

- a) ¿Cuál es soluble en agua?;
- b) ¿Cuáles son hidrocarburos?;
- c) ¿Cuál presenta reacciones de adición?

5) Complete y ajuste las siguientes reacciones orgánicas:



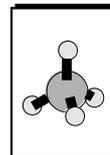
6) Complete las siguientes reacciones e indique el tipo de reacción (adición, eliminación o sustitución) a que corresponden:



7) Escriba las estructuras de Lewis correspondientes a las moléculas de etano (CH_3CH_3) y eteno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$).

8) Ponga un ejemplo de cada una de las siguientes reacciones:

- a) adición a un alqueno;
- b) sustitución en un alcano;
- c) deshidratación de un alcohol.



La Química del Carbono

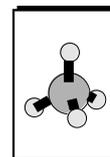
9) Para el compuesto $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$, escriba la fórmula de:

- Un isómero que contenga un grupo carbonilo.
- Un isómero que presente isomería óptica.
- Un isómero que presente isomería geométrica.

10) Dados los siguientes compuestos orgánicos:



- Justifique si son isómeros.
- Justifique cuál de ellos es más soluble en agua.
- Indique cuál de ellos reacciona con H_2SO_4 / calor y escriba la reacción.



La Química del Carbono

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

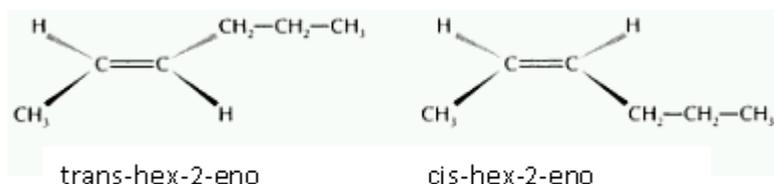
1.- a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ y $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$ isomería de función (aldehído/cetona);
b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$ y $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$ isomería de posición de la función cetona ; c)
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ y $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ isomería de función (alcohol/éter) ; d) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ y
 CH_3NHCH_3 isomería de cadena ; e) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ y $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ tienen isomería de
cadena.

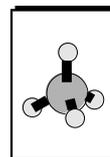
2.-

Nombre común	Nombre IUPAC	F. de esqueleto	F. semidesarrollada
hexano normal <i>n</i> -hexano	hexano		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$
isohexano	2-metilpentano		$(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$
	3-metilpentano		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$
	2,3-dimetilbutano		$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
	2,2-dimetilbutano		$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

3.- a) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH=CH}_2$ (hex-1-eno) No tiene esta posibilidad puesto que uno de los carbonos del doble enlace está unido a dos sustituyentes iguales (dos hidrógenos)

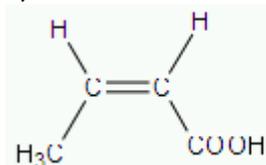
b) $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ tiene las siguientes posibilidades:



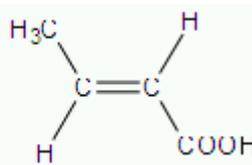


La Química del Carbono

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



Ácido cis-but-2-enoico



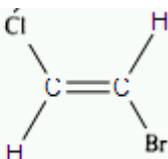
Ácido trans-but-2-enoico

d) CClBr=CH_2 (bromo-1-cloroeteno) No hay posibilidad porque un carbono del doble enlace está unido a dos hidrógenos.

e) CHBr=CHCl



Cis-1-bromo-2-cloroeteno

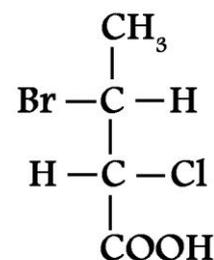
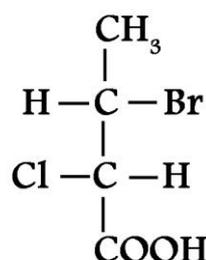
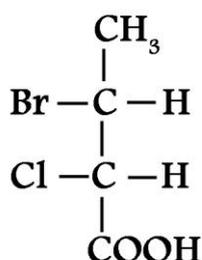
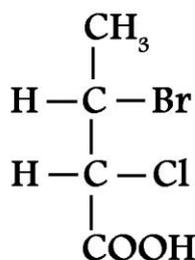


Trans-1-bromo-2-cloroeteno

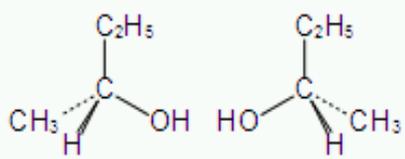
f) $\text{CCl}_2\text{=CHBr}$ (1-bromo-2,2-dicloroeteno) No hay posibilidad porque un carbono del doble enlace está unido a dos cloros.

4. a) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CH}_3$ No hay posibilidad porque no tiene ningún carbono con los cuatro sustituyentes diferentes (carbono asimétrico);

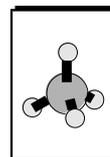
b) $\text{CH}_3\text{-CHBr-CHCl-COOH}$ Tiene dos carbonos asimétricos, el 2 y el 3. Esto da lugar a cuatro isómeros ópticos.



c) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$ Tiene un carbono asimétrico, el 2. Esto da lugar a dos isómeros ópticos.

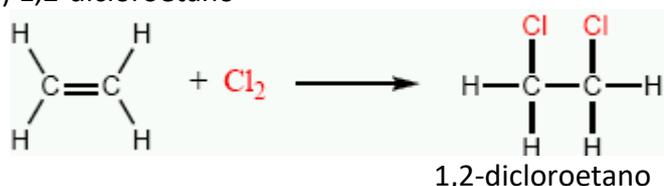


Enantiómeros del butan-2-ol



La Química del Carbono

5. a) 1,2-dicloroetano

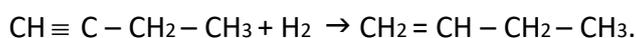


b) Obtendremos etano ; c) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (medio ácido) $\rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_3$ no existe otra posibilidad, se adicione el OH al carbono que lo haga d) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (but-1-eno + cloruro de hidrógeno \rightarrow 2-clorobutano). Adición no simétrica, el hidrógeno va al carbono más hidrogenado, por la regla de Markovnikov

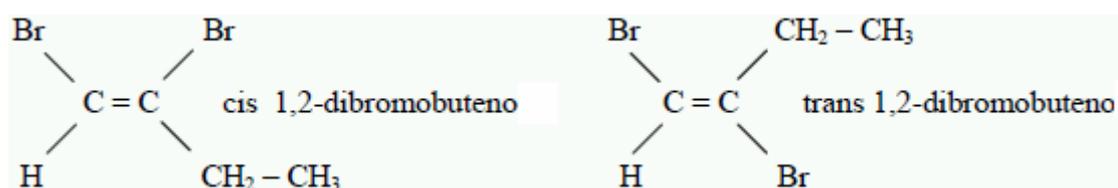
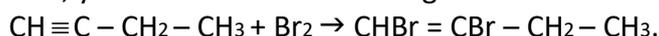
6. a) Falsa. En este caso la reacción de adición conduce a la formación del 1,1,2,2-tetraclorobutano:

$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 2 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_2-\text{CCl}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, que al no poseer un doble enlace no puede presentar isomería geométrica.

b) Falsa. Para que se presente esta isomería en los alquenos ha de cumplirse que, al menos, cada carbono que soporta el doble enlace, se una a dos sustituyentes distintos y, en este supuesto, la reacción de adición conduce a la formación de but-1-eno, en el que uno de los átomos de carbono del doble enlace se une a dos átomos de hidrógeno, incumpliendo la condición

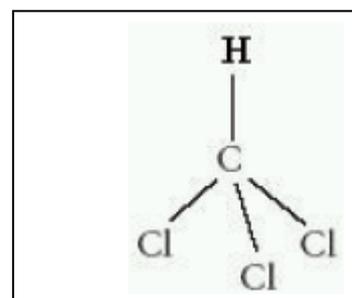


c) Verdadero. Ahora, la reacción de adición cumple la condición de que los carbonos del doble enlace, se unen a dos radicales distintos, por lo que el compuesto que se forman presenta disposiciones espaciales perfectamente diferenciadas. El compuesto 1,2-dibromobuteno, presenta dos isómeros, uno con los radicales iguales en el mismo lado, isómero cis, y el otro con los radicales iguales en distintos lados, isómero trans.

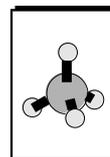


7. a) Verdadero, la masa de ambas moléculas es parecida, pero el butan-1-ol posee enlaces por puentes de hidrógeno entre los hidrógenos del grupo alcoholico de una molécula con el oxígeno del grupo alcoholico de otra molécula y el butano sólo posee entre las moléculas enlaces intermoleculares de Van der Waals que son más débiles.

b) Verdadero, el carbono está en el centro de un tetraedro y los tres cloros y el hidrógeno estarán en los vértices del mismo. Como la distancia de los enlaces CCl, C-H no son las mismas el tetraedro será irregular.

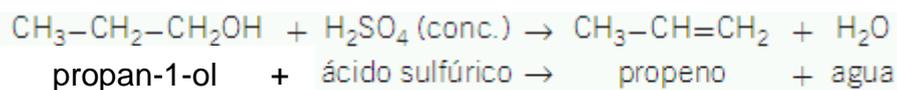


c) Falso, el etanol formará enlaces de hidrógeno con el agua y se disolverá. El etano es una molécula covalente apolar y será poco soluble en disolventes polares como el agua.



La Química del Carbono

8. Podemos obtener dos productos, dependiendo de la temperatura de calentamiento. Lo más normal es obtener el alqueno correspondiente por deshidratación:



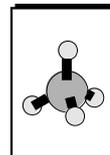
Otra posibilidad, mucho menos probable, es que el calentamiento sea inferior a los 150° y obtener el éter:



PREGUNTAS DE SELECTIVIDAD

1º) Formular y nombrar:

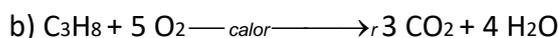
Nitrobeneno	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	etino
2-cloropropanal	$\text{CH}_3\text{CHClCHO}$
CH_4	metano
Trietilamina	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	etoxietano o dietiléter
1,2-dibromoeteno	CHBr=CHBr
CH_3Cl	clorometano
ácido 2-hidroxibutanoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHOHCOOH}$
CH_3COCH_3	propanona
propanal	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	etanoato (acetato) de etilo
ácido benzoico	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	propanol
ácido propanoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
$\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{CH}_3$	etilmetilamina
but-2-ino	$\text{CH}_3\text{CH=CHCH}_3$
$\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$	etano-1,2-diol
tribromometano	CHBr_3
CH_3COOH	ácido etanoico (acético)
benceno	C_6H_6
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$	propanoato de metilo
ácido 2-metilpentanoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$



La Química del Carbono

CH ₃ CHO	etanal (acetaldehído)
clorobenceno	C ₆ H ₅ Cl
CH ₃ CH=CHCH ₂ CH ₃	pent-2-eno
CH ₃ NH ₂	metanoamina o metilamina
p-nitrofenol	NO ₂ -C ₆ H ₄ -OH
CH ₃ CH ₂ NHCH ₃	etilmetilamina

2º) a) CH₃-CH₃ + Cl₂ → CH₂Cl-CH₃ + HCl ; sustitución. Aunque podrían obtenerse muchos más derivados clorados, podrían sustituirse uno a uno todos los hidrógenos del etano.



(No nos indican temperatura y sólo hay una molécula de etanol).

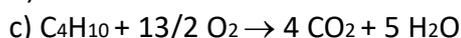
3º) Una serie homóloga es un conjunto de compuestos que, teniendo el mismo grupo funcional, cada uno de ellos se diferencia del siguiente en que posee un grupo metileno (-CH₂-) menos en su molécula.

Pertenecen a la misma serie homóloga (alcoholes) el compuesto a) butanol y el b) etanol. El compuesto c) es un ácido.

4º) a) Es soluble en agua el metanol, por la polaridad del enlace O-H.

b) Son hidrocarburos los compuestos formados exclusivamente por carbono e hidrógeno, es decir, propano y propeno.

c) Presenta reacciones de adición el propeno, adición al doble enlace. Aquí se podría poner algún ejemplo, aunque no lo pidan expresamente.

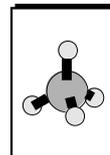


6º) a) CH₃CH=CH₂ + H₂O → CH₃CHOHCH₃ Adición al doble enlace, por la regla de Markovnikov el hidrógeno va al carbono más hidrogenado.

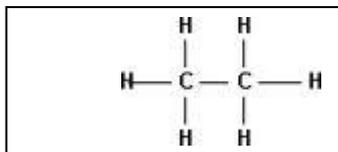
b) C₆H₆ + HNO₃ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$ C₆H₅NO₂ + H₂O Nitración, sustitución de un hidrógeno del anillo bencénico por el grupo nitro.

c) CH₃CHBrCH₃ $\xrightarrow{\text{KOH}}$ HBr + CH₃CH=CH₂ Eliminación de bromuro de hidrógeno y formación del doble enlace del propeno.

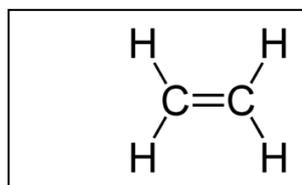
La Química del Carbono



7º)



Etano



Eteno

8º) a) adición a un alqueno; $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$

b) sustitución en un alcano; $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{luz}} \text{CH}_2\text{ClCH}_3 + \text{HCl}$

c) deshidratación de un alcohol. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, \text{calor}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$

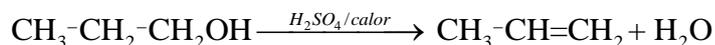
9º) a) Butanal ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHO}$) b) But-3-en-2-ol ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}^*\text{HOH}-\text{CH}_3$)

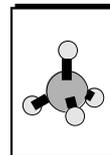
c) But-2-en-1-ol ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$)

10º) a) Sí son isómeros, ya que tienen la misma fórmula molecular $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ y son sustancias diferentes. Son isómeros de función. A es un alcohol y B es un éter.

b) El compuesto A es una sustancia polar, luego es más soluble en agua que el compuesto B.

c) Deshidratación de un alcohol





La Química del Carbono

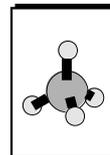
REPASO DE LOS ENLACES QUE FORMA EL CARBONO

- Repaso de los enlaces en los hidrocarburos:

Hidrocarburos	Fórmula	Hibridación	Enlace		
			Tipo	Ángulo	Cantidad
Alcanos	C_nH_{2n+2}	sp^3	Sencillo	$109,5^\circ$	4σ
Alquenos	C_nH_{2n}	sp^2	Doble	120°	3σ y 1π
Alquinos	C_nH_{2n-2}	sp	Triple	180°	2σ y 2π

El enlace sigma(σ) tiene libertad de giro. El enlace pi(π) no puede girar.

- Los compuestos en la química del carbono están formados por moléculas y las fuerzas de atracción entre ellas son las **interacciones intermoleculares**: enlaces por puente de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals (dipolo-dipolo o dipolo inducido). Las fuerzas de Van der Waals más débiles, las de dipolo inducido, aumentan con la masa molecular. El punto de fusión y de ebullición de un compuesto depende de la intensidad de las fuerzas intermoleculares.
- Los compuestos con solo enlaces sencillos se denominan **saturados**. Los compuestos con enlaces dobles o triples se denominan **insaturados**. Los enlaces dobles y triples son más reactivos que los enlaces sencillos.
- Un carbono es **primario** cuando está unido a sólo un átomo de carbono, es **secundario** cuando está unido a dos átomos de carbonos, **terciario** cuando está unido a tres átomos de carbono y **cuaternario** cuando está unido a cuatro átomos de carbono.
Por esta razón, se denomina alcohol secundario cuando el grupo hidróxi ($-OH$) está unido a un carbono secundario.
- Un **grupo funcional** es un átomo o grupo de átomos que unidos a una cadena carbonada confieren a los hidrocarburos unas propiedades químicas específicas.
Ej: $-OH$, $-Cl$, $-NO_2$, ...
- Una **familia de compuestos** es un conjunto de sustancias que tienen el mismo grupo funcional.
Ej: aminas, alcoholes, derivados halogenados, ...
- Una **serie homóloga** es un conjunto de compuestos dentro del mismo grupo funcional que sólo se diferencian entre sí por el número de carbonos en la cadena principal.
Ej: CH_3OH , CH_3-CH_2OH , $CH_3-CH_2-CH_2OH$, ...



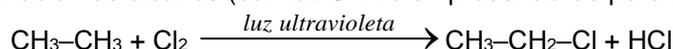
La Química del Carbono

RESUMEN DE REACCIONES QUÍMICAS EN ORGÁNICA.

1. REACCIONES DE SUSTITUCIÓN (un grupo entra y otro sale)

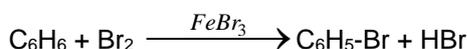
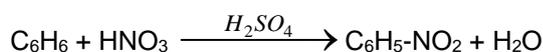
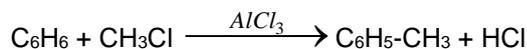
Radicálica (homolítica):

Se da en la halogenación de alcanos (con luz U.V. o en presencia de peróxidos).



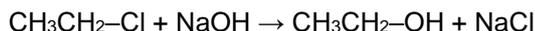
Sustitución electrófila.

Se produce cuando un reactivo electrófilo ataca zonas de alta densidad electrónica, como los anillos bencénicos.



Sustitución nucleófila.

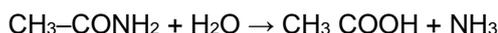
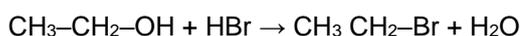
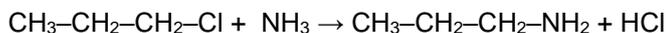
Se produce cuando un reactivo nucleófilo ataca a un carbocatión.



Esta reacción compite con la de *eliminación*, si bien en este caso, debido a que no existe demasiado impedimento estérico se favorece la *sustitución*. En cualquier caso, también

aparecen productos de eliminación ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-Cl} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HCl}$)

Otros ejemplos:



2. REACCIONES DE ADICIÓN (El reactivo se adiciona a moléculas con doble o triple enlace)

Adición electrófila.

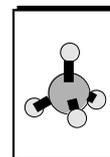
El reactivo se añade a un doble o triple enlace poco polarizado. Siguen la regla de **Markownikoff**: “*la parte positiva del reactivo se adiciona al carbono más hidrogenado*”, también se puede expresar como “*los hidrógenos se adicionan al carbono que mayor número de hidrógenos tiene ya*”.

- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{Cl}$
- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_3$ (mayor proporción)
- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O (H}^+) \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$ (mayor proporción)

Adición nucleófila:

Se da en sustancias orgánicas con dobles enlaces fuertemente polarizados, como por ejemplo el enlace C=O.



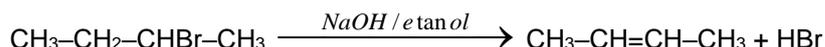


La Química del Carbono

3. REACCIONES DE ELIMINACIÓN (pérdida de una molécula pequeña del seno de una molécula mayor y la consiguiente formación de un enlace múltiple)

Siguen la regla de **Saytzeff**: "En las reacciones de eliminación, el hidrógeno sale del carbono adyacente al grupo funcional que tiene menos hidrógenos (carbono más sustituido)". Vamos a estudiar dos casos:

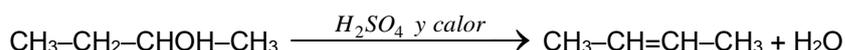
- **Deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo.** Se produce en medio **básico**.



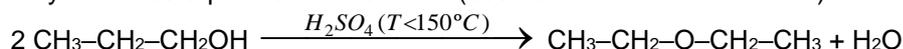
Esta reacción compite con la de *sustitución*, si bien en este caso, por el impedimento espacial o estérico (C secundario), y el que se produzca en medio básico fuerte, se favorece la *eliminación*.



- **Deshidratación de alcoholes.** Se produce en medio **ácido**.



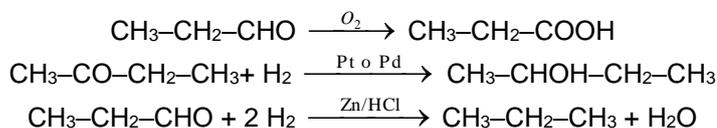
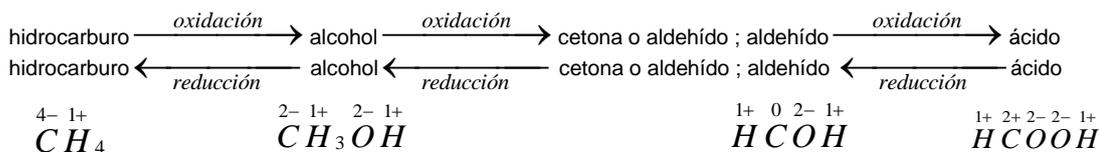
En esta reacción también puede producirse el éter si la deshidratación se hace a baja temperatura y con la estequiometría adecuada (deshidratación *intermolecular*):



4. REACCIONES REDOX.

Agentes oxidantes : KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ u O_2

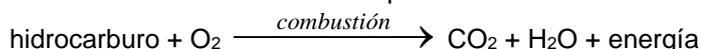
Agente reductor: H_2 sobre paladio (Pd), platino (Pt) o cinc en medio ácido (Zn/HCl)



Reducción de nitroderivados a aminas:



Hay que destacar la combustión como un caso especial de reacción redox:

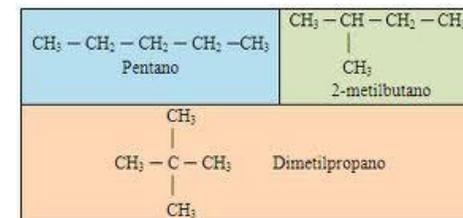


ISÓMEROS
Compuestos distintos
cuya fórmula
molecular es idéntica.

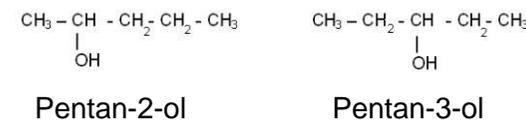
**ESTRUCTURALES
(ISÓMEROS PLANOS)**
Isómeros que tienen
una diferente
distribución de los
enlaces entre sus
átomos.

**ESTEREOISÓMEROS
(ISÓMEROS
ESPACIALES)**
Isómeros que tienen la
misma secuencia de
átomos enlazados,
con los mismos
enlaces entre sus
átomos, pero difieren
en la orientación
tridimensional de sus
átomos en el espacio.

ISOMERÍA DE CADENA
Isómeros que se diferencian en la estructura del esqueleto carbonado.



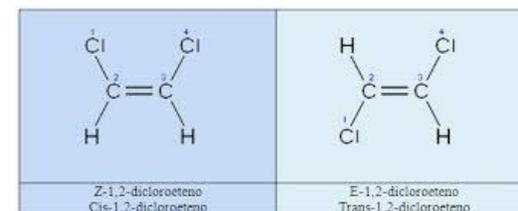
ISOMERÍA DE POSICIÓN
Isómeros con distinta posición del grupo funcional.



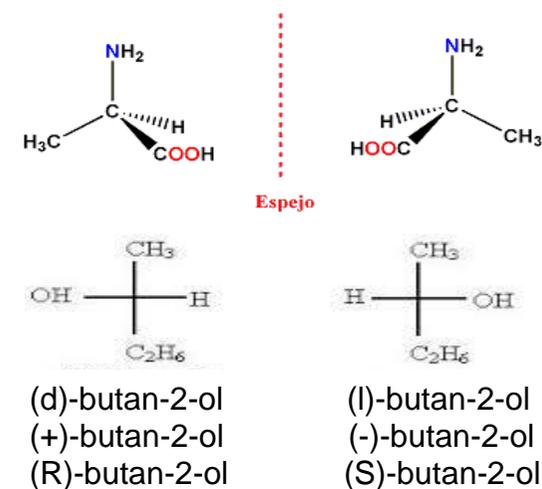
ISOMERÍA DE FUNCIÓN
Isómeros con distinto grupo funcional.



ISOMERÍA GEOMÉTRICA O CIS-TRANS
Isómeros propios de los alquenos. Se distingue entre el isómero cis, en el que los sustituyentes están en el mismo lado del doble enlace y el isómero trans, en el que están en el lado opuesto del doble enlace.



ISOMERÍA ÓPTICA O ENANTIOMERÍA
Isómeros propios de compuestos con carbonos asimétricos o quirales, es decir, con los cuatro sustituyentes diferentes. El isómero óptico o enantiómero que desvía el plano de vibración de la luz polarizada hacia la derecha se llama dextrógiro (d) o (+), y el que lo hace hacia la izquierda, levógiro (L) o (-). Una mezcla a partes iguales de los dos enantiómeros no desviará el plano de vibración de la luz polarizada. Esta mezcla se denomina mezcla racémica.



REACCIONES EN LA QUÍMICA DEL CARBONO

- *Aspectos generales en estas reacciones químicas
- *Tipos de reacciones y sus mecanismos

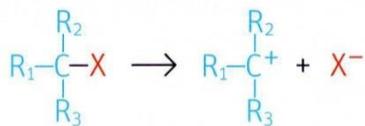
ASPECTOS GENERALES DE LAS REACCIONES QUÍMICAS DEL CARBONO

*Tipos de ruptura en los enlaces e intermedios de reacción

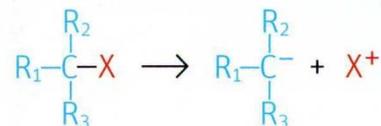
- Ruptura homolítica. Cada uno de los átomos que forman el enlace, al separarse, retiene un electrón. Éste queda desapareado, originando especies neutras pero muy reactivas llamadas radicales libres.



- Ruptura heterolítica. Cuando uno de los átomos del enlace se lleva los electrones de éste. Se generan un catión y un anión. Dependiendo del signo de la carga con la que se quede el esqueleto carbonado, tendremos un carbocatión (si el átomo de carbono queda cargado positivamente) o un carboanión (si queda cargado negativamente).



Carbocatión o ion carbonio



Carbanión

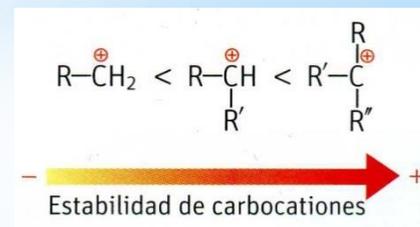
ASPECTOS GENERALES DE LAS REACCIONES QUÍMICAS DEL CARBONO

* Reactivos y sustratos

En una reacción orgánica se distingue la molécula que va a sufrir el cambio estructural (sustrato) y la molécula que la ataca (reactivo). Los **reactivos** pueden ser de tres tipos:

- Radicales libres. Especies muy reactivas debido a la existencia de electrones desapareados.
- Reactivos nucleófilos. Especies que tienen zonas con gran densidad electrónica. Al reaccionar buscan zonas de la molécula de sustrato con densidad de carga positiva. Pueden ser aniones o especies con pares de electrones sin compartir.
- Reactivos electrófilos. Son especies con densidad de carga positiva, por lo que atacan lugares del sustrato con alta densidad electrónica. Suelen ser cationes o especies neutras capaces de aceptar pares de electrones.

Un reactivo atacará al carbono del **sustrato** que tenga mayor estabilidad y esta depende del tipo de carbono: primario, secundario o terciario.



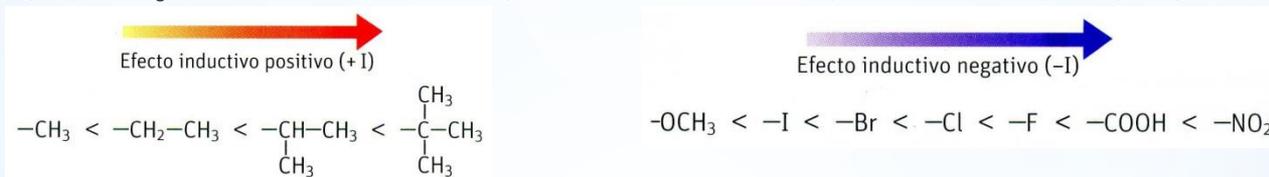
ASPECTOS GENERALES DE LAS REACCIONES QUÍMICAS DEL CARBONO

* Efectos eléctricos

Una molécula orgánica puede presentar zonas de diferentes densidad de carga, positiva o negativa, debido a la influencia de los grupos que están unidos a los carbonos y que provocan desplazamientos electrónicos. Estos desplazamientos se deben a dos efectos:

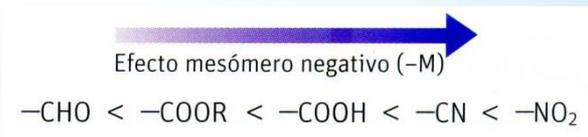
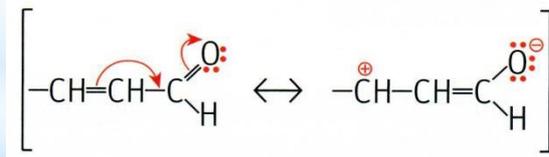
■ Efecto inductivo (I)

La diferente electronegatividad de los átomos enlazados produce un desplazamiento lateral de los electrones de un enlace covalente tipo sigma (σ). Un sustituyente tiene efecto inductivo positivo (+I) si cede carga (por ejemplo, un grupo CH_3) y efecto inductivo negativo (-I) si retira carga del enlace (por ejemplo del sustituyente Cl).

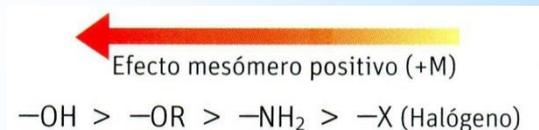
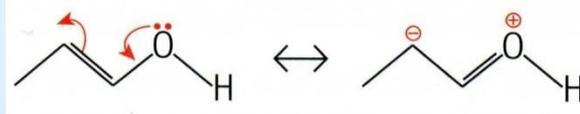


■ Efecto mesómero (M)

Es el desplazamiento electrónico debido a la movilidad de los electrones pi (π) de la molécula. Un efecto mesómero es negativo (-M) cuando retira electrones π de la cadena, dejando una zona de baja densidad de carga, por ejemplo, el grupo carbonilo (CHO):



El efecto mesómero es positivo (+M) si desplaza electrones hacia la cadena, proporcionando una zona de alta densidad electrónica. Suelen ser átomos con pares de electrones no enlazantes, por ejemplo el grupo hidroxilo (OH):



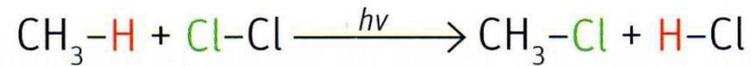
TIPOS DE REACCIONES ORGÁNICAS Y SUS MECANISMOS.

Las zonas de la molécula sustrato con densidad de carga positiva serán atacadas por reactivos nucleófilos, y las de densidad de carga negativa por reactivos electrófilos.

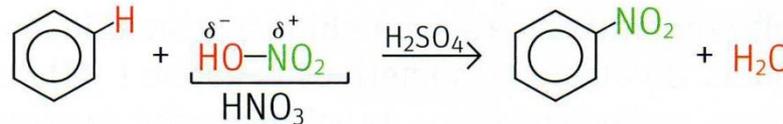
* Reacciones de sustitución o desplazamiento

Son aquellas en las que un átomo o grupo de átomos es sustituido por otro: $R-X + Y \rightarrow R-Y + X$

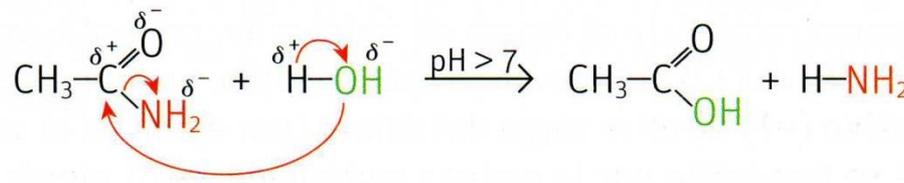
- Sustitución radicalaria. El reactivo atacante es un radical libre.



- Sustitución electrófila (S_E). El reactivo es un electrófilo que reacciona con zonas de alta densidad electrónica (δ^-).



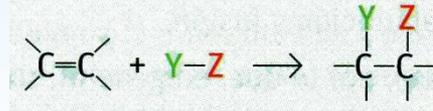
- Sustitución nucleófila (S_N). El reactivo es un nucleófilo, que ataca zonas de la molécula con baja densidad electrónica (δ^+).



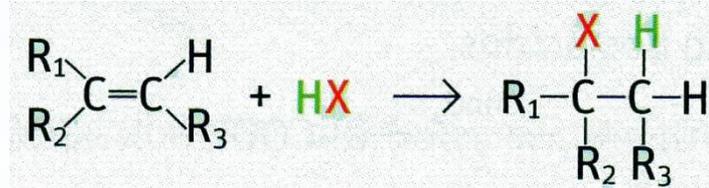
TIPOS DE REACCIONES ORGÁNICAS Y SUS MECANISMOS.

* Reacciones de adición

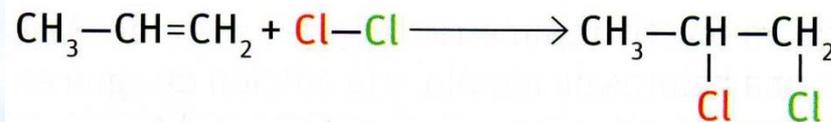
Son aquellas en las que un átomo o grupo de átomos se adicionan a un doble o triple enlace:



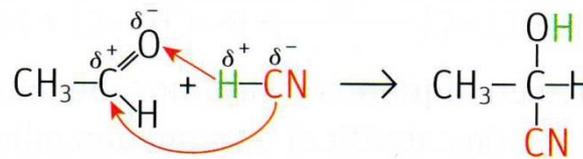
Estas reacciones siguen la regla de Markownikoff: “En las reacciones de adición, la parte positiva del reactivo se adiciona al carbono más hidrogenado” también se puede expresar, de forma simplificada, como “los hidrógenos se adicionan al carbono que mayor número de hidrógenos tiene ya”.



- Adición radicalaria. El reactivo atacante es un radical libre (poco frecuente).
- Adición electrófila (A_E). El reactivo es un electrófilo que reacciona con zonas del enlace múltiple de alta densidad electrónica (δ^-).



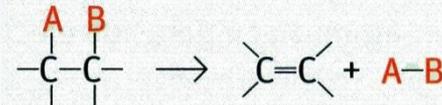
- Adición nucleófila (A_N). El reactivo es un nucleófilo, que ataca zonas del enlace múltiple con baja densidad electrónica (δ^+).



TIPOS DE REACCIONES ORGÁNICAS Y SUS MECANISMOS.

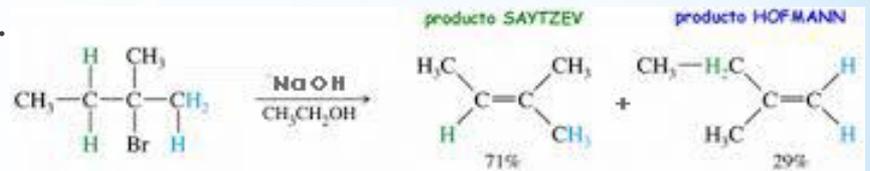
* Reacciones de eliminación

Son aquellas en las que un átomo o grupo de átomos, generalmente contiguos, se eliminan de una cadena carbonada, formándose un doble o un triple enlace.



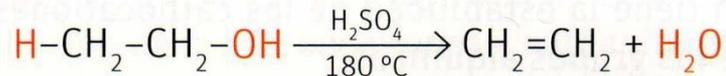
Estas reacciones siguen la regla de Saytzeff: “En las reacciones de eliminación, el hidrógeno sale del carbono (adyacente al grupo funcional) que tiene menos hidrógenos”

- Deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo.

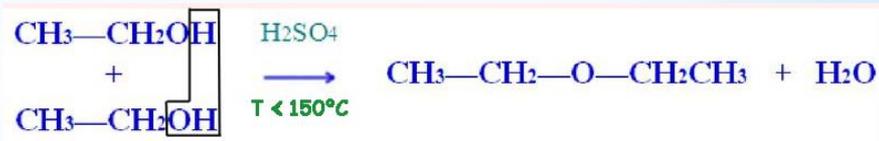


Esta reacción compite con la de sustitución (del Br por el OH), por impedimentos espaciales, la eliminación está favorecida si el Br está en un carbono secundario y la sustitución si estuviese en un carbono primario.

- Deshidratación de alcoholes.



La deshidratación de un alcohol también puede producir un éter si se hace a baja temperatura (deshidratación intermolecular)



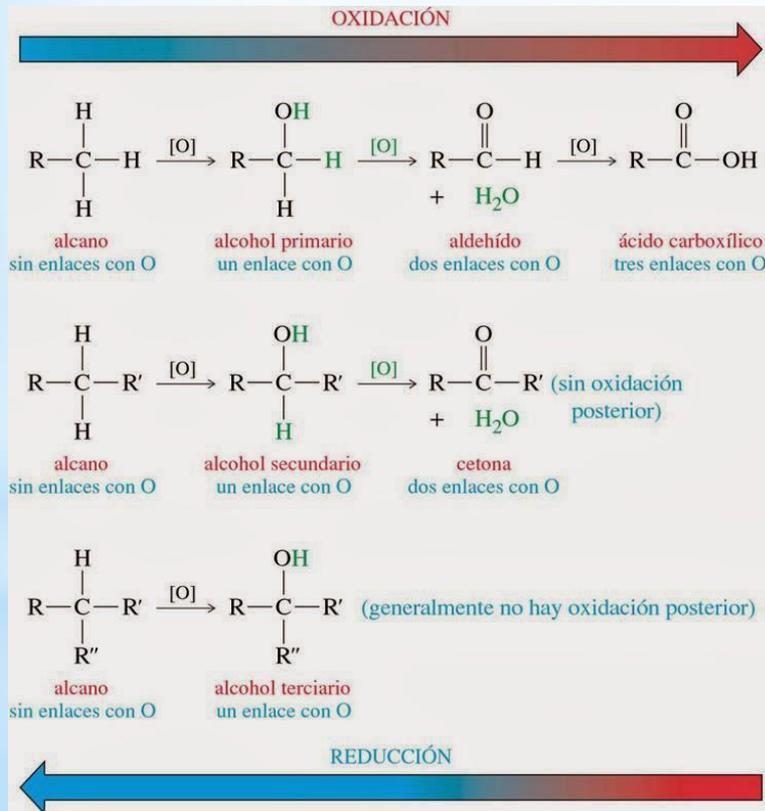
TIPOS DE REACCIONES ORGÁNICAS Y SUS MECANISMOS.

* Reacciones redox

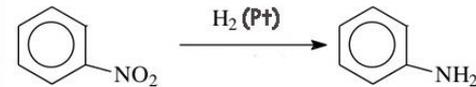
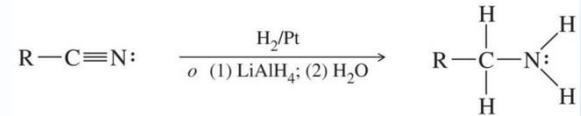
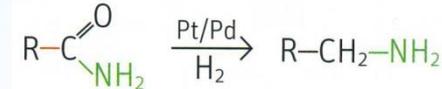
Son agentes oxidantes: O_2 , $KMnO_4$ o $K_2Cr_2O_7$

Son agentes reductores: H_2 (con catalizador de Pt, Pd, Ni o Zn) o hidruros metálicos ($LiAlH_4$)

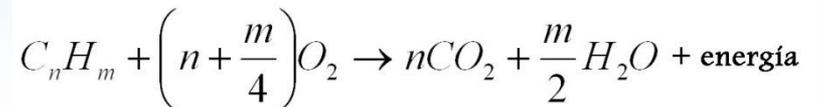
- Redox: alcano-alcohol-aldehído/cetona-ácido



- Reducción de amidas, nitrilos y nitroderivados



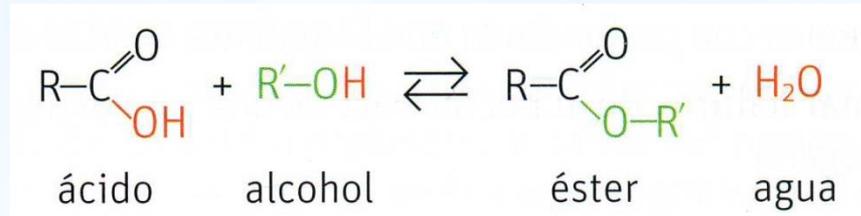
- Combustión de hidrocarburos



TIPOS DE REACCIONES ORGÁNICAS Y SUS MECANISMOS.

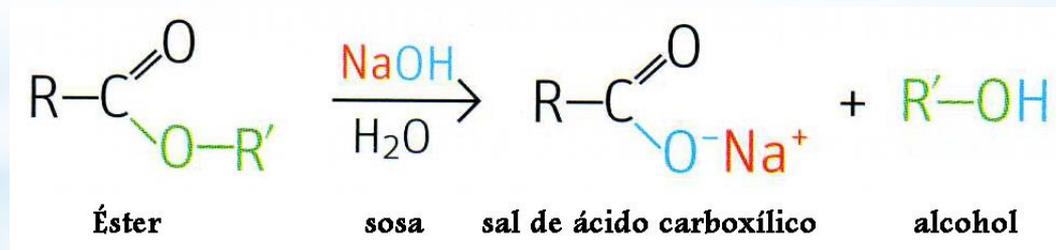
*Esterificación y saponificación

- Esterificación. Es una reacción de sustitución nucleófila reversible donde se sustituye el grupo hidroxilo de un ácido por un grupo -OR. Se trata de una condensación, pues se desprende agua.



Si en la esterificación se usa como alcohol la glicerina (propanotriol) con tres ácidos grasos de cadena larga (más de 12 átomos de carbono), esos ésteres triples son los denominados triglicéridos. Si el ácido graso tiene insaturaciones, será líquido a temperatura ambiente (aceite), y si está saturado, será sólido (grasa).

- Saponificación. Es una hidrólisis en medio básico (sosa o potasa) donde se originan sales sódicas o potásicas.



Los jabones se obtienen por saponificación de grasas o aceites.