

TEMA 7º:

QUIMICA DE LOS COMPUESTOS DEL CARBONO

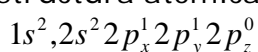
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. EL ÁTOMO DE CARBONO.....	2
A. ESTRUCTURA Y PROPIEDADES.....	2
B. ENLACES DEL CARBONO.	3
3. LOS COMPUESTOS DEL CARBONO.....	5
A. TIPOS DE FORMULAS.....	5
B. GRUPOS FUNCIONALES	5
4. ISOMERIA.....	6
A. ISOMERÍA ESTRUCTURAL.....	6
B. ESTEREOISOMERIA.....	7
5. REACCIONES ORGÁNICAS DE INTERÉS.	9

1. INTRODUCCIÓN

Por el nombre de química del carbono se conoce el estudio de los compuestos históricamente conocidos como orgánicos. Este término es una reliquia de los tiempos en los que se creía que los compuestos químicos se dividían en orgánicos e inorgánicos según su procedencia. Muy pronto se vio que los compuestos orgánicos se podían obtener sistemáticamente, además existían compuestos conocidos como inorgánicos que se presentaban con gran frecuencia en la materia viva (carbonatos).

Una vez determinado que el C es la base estructural de tales compuestos se adoptó el nuevo término. La química del carbono comprende actualmente algo más de 10 millones de compuestos conocidos. Su importancia actual es evidente no solo en relación con la vida (medicamentos), sino por sus múltiples aplicaciones como plásticos, combustibles, disolventes, pesticidas, etc.

Es lógico preguntarse acerca de las características especiales del carbono que le hace tener una capacidad de combinación anormal, entre los algo más de 100 elementos químicos. La respuesta está en su estructura atómica. Su configuración electrónica es:



La presencia de 4 electrones en la capa más externa permite la formación de 4 enlaces covalentes compartiendo esos electrones con otros elementos que a su vez pueden completar su capa de valencia. Estos elementos suelen ser el O, N, H, S, etc

Sin embargo, la característica más específica del C es su capacidad de formar enlaces covalentes con otros átomos de C vecinos. Este fenómeno es el fundamento de la química orgánica. Existen otros elementos que poseen esa capacidad de combinación como el Si, sin embargo, pese a la estabilidad de la unión Si-Si estos compuestos se alteran en contacto con el oxígeno atmosférico originando SiO₂, componente fundamental de la arena o cuarzo.

2. EL ÁTOMO DE CARBONO

El hecho de que se dedique toda una rama de la química a los compuestos del carbono se debe a dos motivos fundamentales:

- Su gran número, a pesar de que el carbono solo supone el 0,08 % de la corteza terrestre, incluyendo en ella la hidrosfera y la atmósfera.
- Sus especiales propiedades, muy distintas de las de los compuestos denominados inorgánicos.

A. ESTRUCTURA Y PROPIEDADES.

Las características del átomo de carbono son la causa del elevado número de sus compuestos y de sus especiales propiedades.

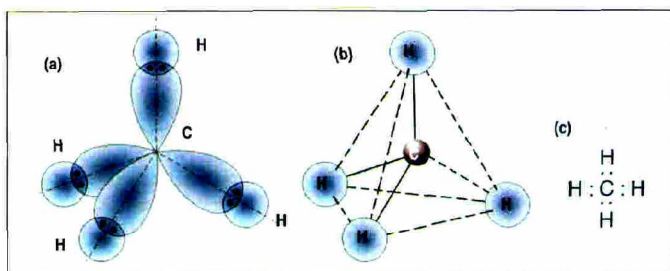
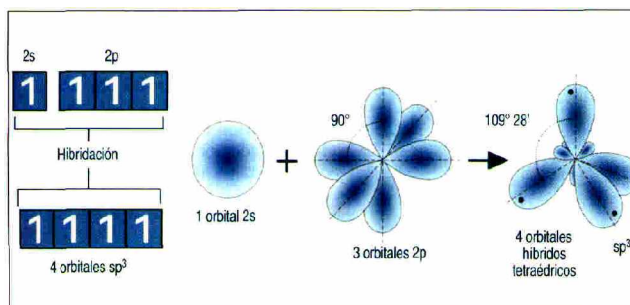
- El átomo de carbono (Z = 6) tiene como estructura electrónica fundamental: $1s^2, 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ que por promoción de un electrón del orbital 2s se convierte en: $1s^2, 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$. Así, el carbono puede formar cuatro enlaces covalentes.
- Los enlaces simples que forma con otros átomos de carbono, con el H y con otros elementos son muy estables.
- Por su pequeño tamaño atómico, forma fácilmente enlaces múltiples muy estables con otros átomos de C y otros elementos.
- Los enlaces del carbono son fuertemente covalentes debido a su electronegatividad: 2,5.

B. ENLACES DEL CARBONO.

La formación de enlaces carbono-carbono simples o múltiples se comprende bien utilizando el método de hibridación de orbitales dentro del modelo de enlace de valencia.

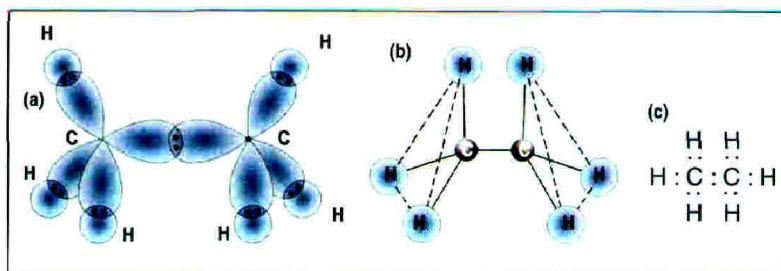
I. Enlaces simples C – C: hibridación sp^3

La hibridación de los cuatro orbitales atómicos del carbono, $2s$, $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ produce cuatro orbitales híbridos dirigidos hacia los vértices de un tetraedro regular, formando entre sí ángulos de $109^\circ 28'$. En ellos se alojan los cuatro electrones de valencia del carbono.



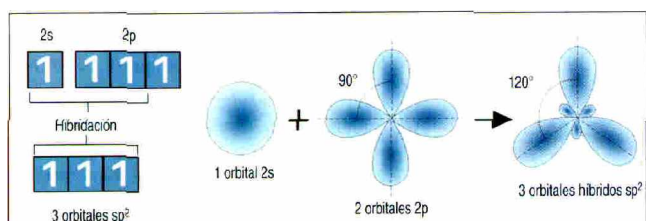
La molécula de CH_4 se forma por solapamiento de los cuatro orbitales sp^3 del carbono con los orbitales $1s$ de cuatro átomos de hidrógeno, cada uno de los cuales contiene un electrón. La molécula tiene simetría tetraédrica.

La formación del enlace C – C en la molécula de etano tiene lugar mediante solapamiento de orbitales híbridos sp^3 de dos átomos de carbono. Los otros tres orbitales híbridos de cada carbono solapan con los orbitales $1s$ de tres átomos de hidrógeno.

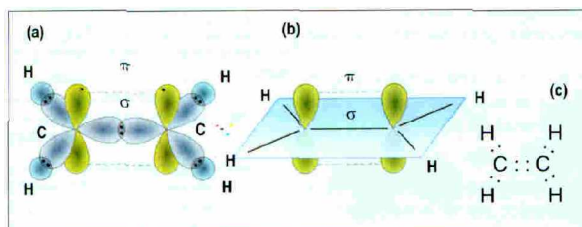


II. Enlaces dobles C = C: Hibridación sp^2

La formación del doble enlace $C=C$ requiere previamente la hibridación sp^2 de tres orbitales atómicos en dos átomos de C. Los nuevos orbitales están situados en un mismo plano y forman entre sí ángulos de 120° . A cada C le queda un orbital $2p$ sin hibridar.



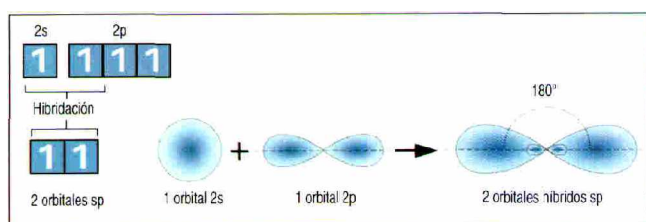
En la molécula de eteno $CH_2=CH_2$, dos orbitales híbridos sp^2 de dos átomos de carbono solapan mediante enlace covalente σ , mientras que los dos orbitales $2p$ no híbridos forman un enlace π . Así, el enlace doble está constituido por un enlace σ y otro π . Los dos orbitales híbridos sp^2 restantes en cada carbono solapan con otros tantos orbitales $1s$ de los átomos de hidrógeno.



Mediante un procedimiento análogo es posible interpretar enlaces dobles en los que interviene el oxígeno como pueden ser en aldehídos, cetonas o ácidos carboxílicos. En este caso se mantiene la hibridación sp^2 para los carbonos y los átomos de oxígeno

presentan sus tres orbitales p sin hibridar, uno de los cuales realiza un solapamiento tipo σ y otro participa en el enlace π .

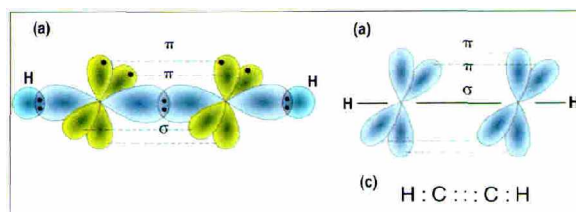
III. Enlaces triples $C \equiv C$: Hibridación sp



El enlace triple $C \equiv C$ requiere la hibridación sp de dos orbitales atómicos en dos átomos de carbono. Los nuevos orbitales son lineales, por lo que forman un ángulo de 180° . En cada carbono quedan dos orbitales $2p$ sin hibridar.

En la molécula de etino o acetileno $CH \equiv CH$, un orbital híbrido sp de cada C forma un enlace σ con otro orbital sp de otro C, mientras que el otro orbital sp solapa con un orbital $1s$ de un átomo de H. Los dos orbitales $2p$ no hibridados de cada átomo de C forman enlaces π con los orbitales $2p$ del otro átomo.

De este modo el enlace triple lo constituyen un enlace σ y dos enlaces π entre dos átomos de C.

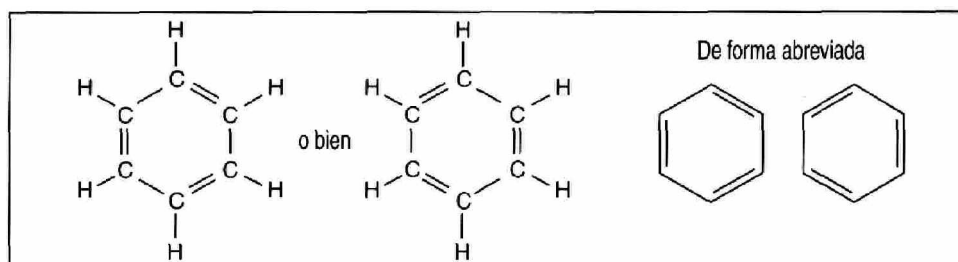


IV. Hidrocarburos aromáticos.

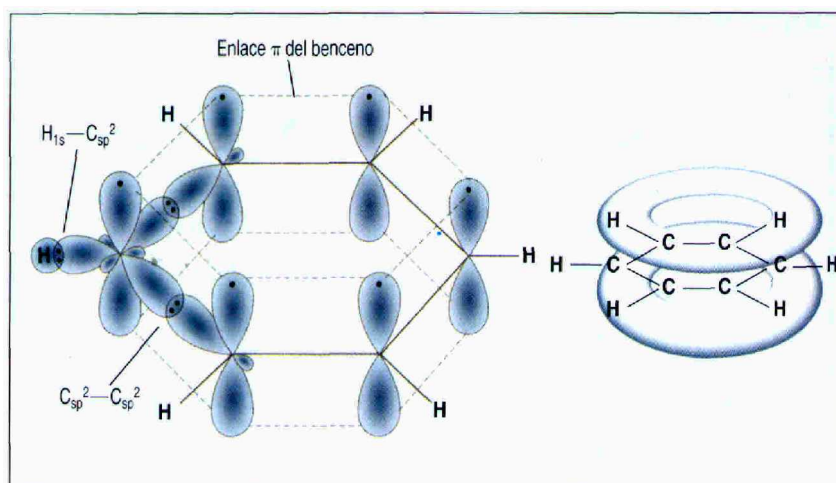
Los hidrocarburos aromáticos pueden considerarse como derivados del benceno, cuya estructura cíclica se halla presente en todos los compuestos.

La estructura del benceno presenta las características siguientes:

- Se trata de una estructura cerrada en forma de hexágono regular, si bien existe alternancia de enlaces simples y dobles carbono-carbono.
- Los seis átomos de carbono son equivalentes, ya que los derivados monosustituídos son idénticos.
- Las longitudes de enlace entre dos átomos de carbono contiguos son todas iguales.



La siguiente figura muestra la formación de los enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno en el benceno.



- Cada átomo de C experimenta hibridación sp^2 de tres de sus orbitales atómicos y los utiliza para unirse a los dos átomos de C contiguos y a un átomo de hidrógeno.
- El orbital p puro restante en cada C, orientado perpendicularmente al plano del anillo hexagonal, se solapa con los orbitales p de los dos átomos de C vecinos. Los seis electrones deslocalizados forman una nube electrónica π que se sitúa por encima y por debajo del plano del anillo.
- La presencia de esta nube electrónica π acorta algo los enlaces simples C-C y da una peculiar estabilidad al anillo aromático.

3. LOS COMPUESTOS DEL CARBONO

Dadas las características de los enlaces que forma el carbono, los compuestos orgánicos presentan algunas propiedades comunes, como son las siguientes:

- Los puntos de fusión y de ebullición suelen ser bajos, como corresponde a la existencia de débiles fuerzas intermoleculares. Estas fuerzas, y en consecuencia, los puntos de fusión y de ebullición aumentan conforme se incrementan el tamaño de la cadena carbonada y la polaridad de las moléculas, o si aparecen enlaces de hidrógeno.
- Suelen ser poco solubles en agua, mientras que son solubles en disolventes orgánicos, como benceno, hexano, dietiléter, etc.

A. TIPOS DE FORMULAS


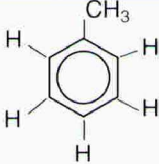
Las formulas de los compuestos orgánicos pueden expresarse de varias formas, cada una de las cuales proporciona algún tipo de información:

- Empírica: Indica el número relativo de átomos de cada clase que forman la molécula.
- Molecular: Indica el número real de átomos de cada clase que forman la molécula.
- Semidesarrollada: Sólo constan los átomos unidos a cada carbono y los enlaces C-C simples, dobles o triples.
- Desarrollada: Expresa la totalidad de los enlaces presentes en la molécula, desarrollados en un plano.
- Tridimensional: Indica, de un modo convencional, la disposición de los átomos y los enlaces en el espacio.

B. GRUPOS FUNCIONALES

El concepto de grupo funcional es de gran importancia en la química del carbono. Un grupo funcional es un agregado de uno o más átomos de una molécula cuya presencia confiere a esta un comportamiento químico característico, casi con independencia del resto de la molécula.

Una serie de compuestos homólogos es un grupo de compuestos cuya diferencia está en el número de $-CH_2-$.

Clase de compuesto	Estructura general	Grupo funcional	Ejemplo
Alcanos	$R-H$	No hay	$CH_3-CH_2-CH_3$ Propano
Alquenos	$\begin{array}{c} (H) R \\ \diagdown \quad \diagup \\ C=C \\ \diagup \quad \diagdown \\ (H) R \quad R (H) \end{array}$	$\diagdown C=C \diagup$	$CH_2=CH_2$ Eteno
Alquinos	$(H) R-C\equiv C-R (H)$	$-C\equiv C-$	$CH_3-C\equiv CH$ Propino
Haloalcanos	$R-X (X: F, Cl, Br, I)$	$-X$	CH_3Cl Clorometano
Compuestos aromáticos	$\begin{array}{c} R (H) \\ \\ (H) R \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} R (H) \\ \\ R (H) \end{array}$		 Metilbenceno o tolueno
Alcoholes	$R-OH$	$-OH$	CH_3-CH_2OH Etanol
Éteres	$R-O-R'$	$-O-$	$CH_3-CH_2-O-CH_3$ Etilmetiléter
Aldehidos	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-H \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-H \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-C-H \end{array}$ Etanal
Cetonas	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-R' \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-C-CH_3 \end{array}$ Propanona
Ácidos carboxílicos	$\begin{array}{c} O \\ \\ (H)R-C-OH \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-OH \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-CH_2-C-OH \end{array}$ Ácido propanoico
Ésteres	$\begin{array}{c} O \\ \\ (H)R-C-OR' \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-O- \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-C-OCH_3 \end{array}$ Acetato de metilo
Amidas	$\begin{array}{c} O \\ \\ (H)R-C-NH_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-NH_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-C-NH_2 \end{array}$ Etanamida
Nitrilos	$R-C\equiv N$	$-C\equiv N$	$CH_3-C\equiv N$ Etanonitrilo
Aminas	$\begin{array}{c} R-N-R'(H) \\ \\ R''(H) \end{array}$	$\begin{array}{c} -N- \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3-N-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$ Trimetilamina

4. ISOMERÍA

Entre los compuestos orgánicos es muy frecuente el hecho de que dos o más compuestos diferentes tengan la misma fórmula molecular. Este fenómeno se denomina isomería y estas sustancias reciben el nombre de isómeros.

Isómeros son los compuestos que, teniendo la misma fórmula molecular, difieren en su estructura o en su configuración en el espacio.

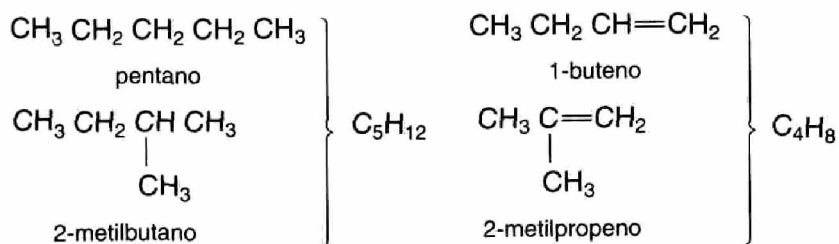
Las distintas clases de isomería pueden clasificarse de este modo:

ISOMERIA	ESTRUCTURAL (Plana)	De Cadena
		De Posición
ESTEREOISOMERIA		Geométrica
		Óptica

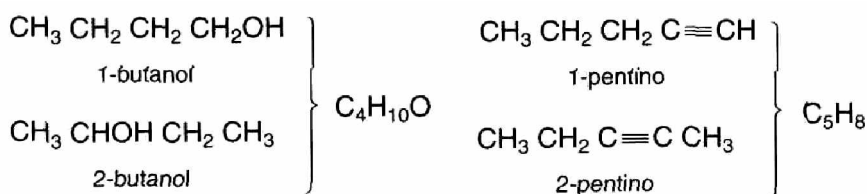
A. ISOMERÍA ESTRUCTURAL

Isómeros estructurales son los isómeros que difieren entre sí en el orden en que están enlazados los átomos en la molécula

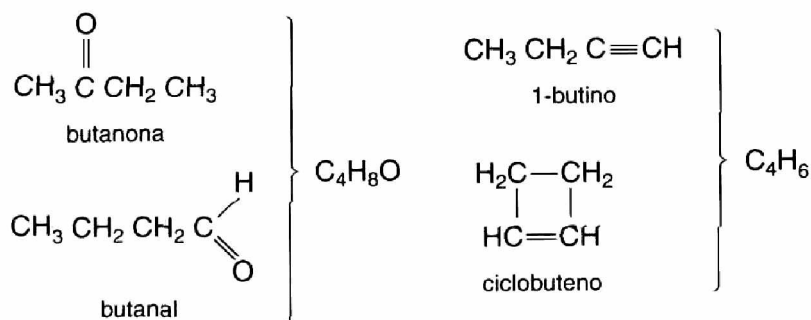
I. Isomería de cadena. Esta forma de isomería es propia de los compuestos que solo se diferencian en la distinta colocación de algunos átomos o grupos de átomos en la cadena carbonada.



II. Isomería de posición. Aparece cuando los isómeros se diferencian en la posición del grupo funcional en la cadena carbonada.



III. Isomería de función. Esta isomería se produce cuando los isómeros se diferencian en el grupo funcional.



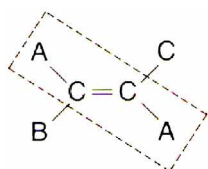
B. ESTEREOISOMERIA O ISOMERÍA ESPACIAL.

Llamamos estereoisómeros a los compuestos que teniendo estructuras iguales, difieren en la disposición tridimensional de sus átomos. Esta isomería puede ser geométrica u óptica.

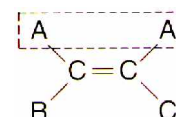
I. Isomería geométrica o CIS – TRANS.

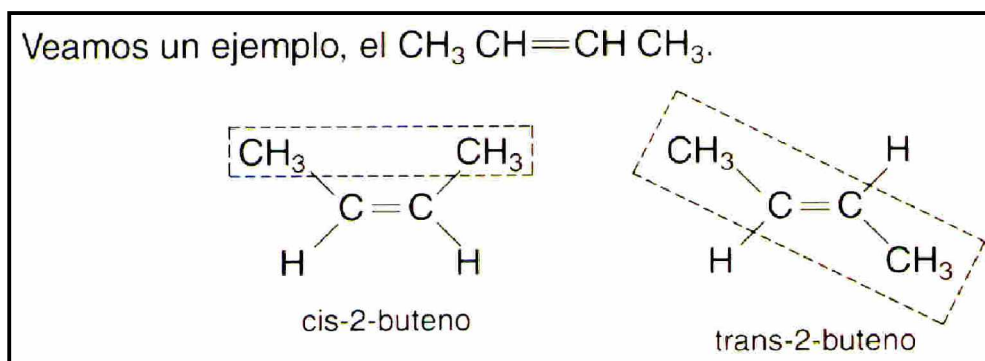
Esta isomería se presenta en los hidrocarburos etilénicos y se debe a la rigidez del doble enlace C=C y, en concreto, del enlace π . Este hecho impide la rotación de los átomos en torno al doble enlace, a diferencia de lo que ocurre en el enlace simple C-C.

La isomería se produce cuando los dos enlaces restantes de cada C se utilizan para unirse a sustituyentes distintos. En tal caso existen dos isómeros, el cis- y el trans-:



- El isómero cis- es el que tiene dos sustituyentes iguales al mismo lado del enlace.
- En el isómero trans- los sustituyentes iguales se colocan a distinto lado.





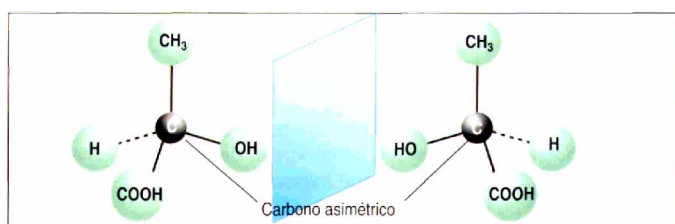
En estos casos se ha propuesto una nomenclatura más general, válida para cualquier agrupación. Consiste en ordenar por prioridad de masas atómicas los sustituyentes de los carbonos que forman el doble enlace. Cuando los dos grupos más importantes están del mismo lado es la configuración Z y en caso contrario E.

II. Isomería Óptica.

Esta isomería se debe a la presencia en la molécula de átomos de carbono asimétricos, o sea, unidos a cuatro sustituyentes distintos, como ocurre en el ácido láctico.

La diferencia estructural entre los dos isómeros ópticos radica en que sus moléculas no son superponibles, ya que guardan entre sí la misma relación que un objeto y su imagen reflejada en un espejo.

Enantiómeros son dos estructuras especulares no superponibles de la misma molécula.

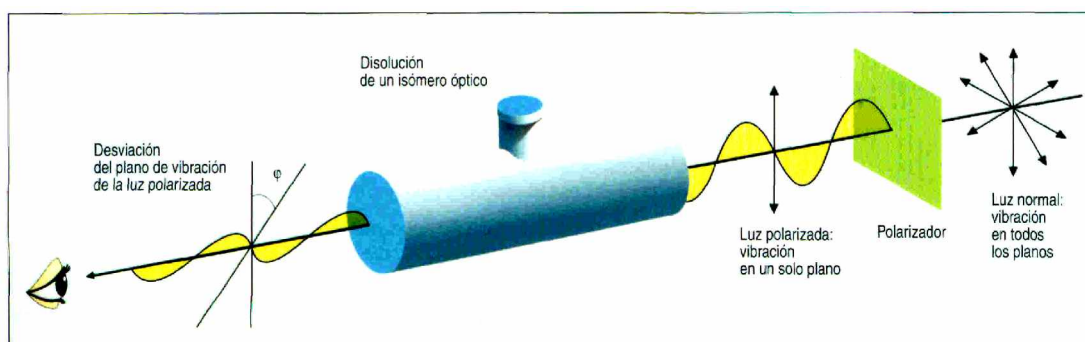


Las moléculas que presentan enantiómeros se denominan quirales, por carecer de planos y ejes de simetría.

La mezcla en igual concentración de las disoluciones de los dos isómeros se llama mezcla racémica o racemato y es ópticamente inactiva por compensación de los dos giros en sentido contrario.

Los isómeros ópticos manifiestan diferente comportamiento ante la luz polarizada, desviando el plano de polarización cierto ángulo respecto de un observador que mirase hacia la fuente de luz.

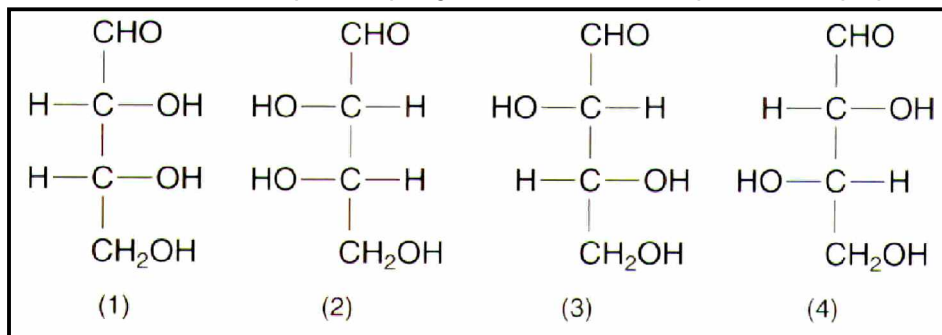
- En el caso del isómero levógiro, el desvío es hacia la izquierda.
 - El isómero dextrógiro lo desvía el mismo ángulo hacia la derecha.
- Decimos de ellos que son ópticamente activos.



En moléculas con mas de un carbono asimétrico el número de estereoisómeros es 2^n , siendo n el número de dichos carbonos

III. Diastereoisómeros.

El 2,3,4-trihidroxibutanal tiene dos átomos de C asimétricos. Las formulas de sus cuatro isómeros ópticos proyectados sobre el plano del papel son:



Los compuestos (1) y (2) son enantiómeros, como puede observarse. Y lo mismo ocurre con los compuestos (3) y (4). La mezcla equimolar de cada una de estas parejas produciría un racemato.

Pero es fácil advertir que tanto la pareja (1) y (3) como la (2) y (4) no son enantiómeros; se les denomina diastereoisómeros.

Diastereoisómeros o diastereómeros son los isómeros ópticos que no son enantiómeros entre si.

5. REACCIONES ORGÁNICAS DE INTERÉS.

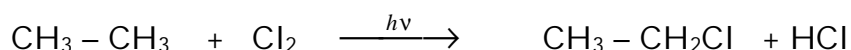
- 1) Reacciones de sustitución o desplazamiento. En ellas se produce el intercambio de unos átomos o grupos de átomos por otros. Responden al siguiente esquema general:



Según como se produzca la ruptura del enlace $\text{R} - \text{A}$ pueden ser sustituciones radicálicas, sustituciones electrófilas, y sustituciones nucleófilas. Y según se produzca en compuestos de cadena lineal o aromáticos puede ser alifática o aromática.

Sustituciones en alcanos de cadena abierta o alifáticos:

- a) Halogenación: consiste en la sustitución de H del correspondiente alcano por átomos del halógeno, cuya reactividad crece desde el yodo hasta el flúor. En el caso del cloro requiere activación por la luz.

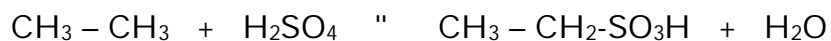


Puede conducir a la mezcla de varios productos con diferente grado de sustitución.

- b) Nitración: con reacción con al ácido nítrico a alta temperatura se sustituyen los H por grupos nitro ($-\text{NO}_2$).



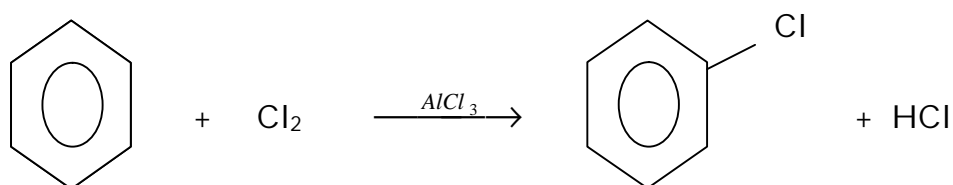
c) Sulfonación: Se sustituyen en este caso los H por grupos $-\text{SO}_3\text{H}$, usando al ácido sulfúrico como reactivo.



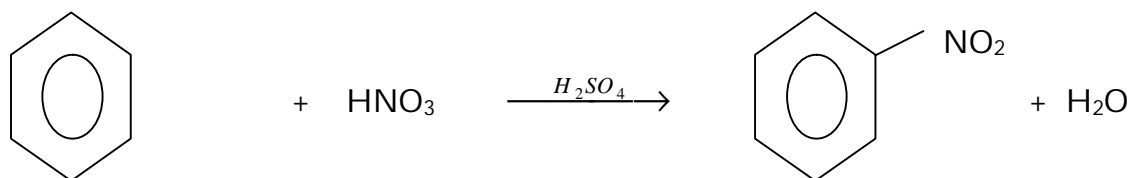
Sustituciones electrófilas en hidrocarburos aromáticos:

En este grupo de sustituciones las más habituales son la halogenación, la nitración y sulfonación y las alquilaciones y acilaciones de Friedel-Crafts.

a) Halogenación. Suele ser catalizada por sustancias como el AlCl_3 o el FeCl_3 .



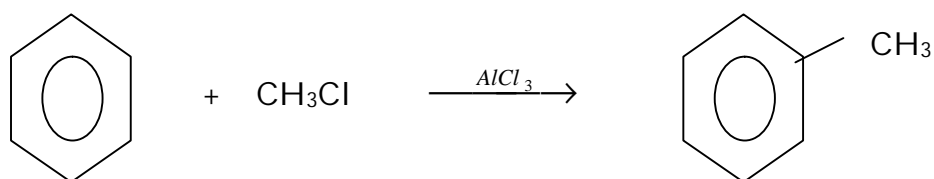
b) Nitración y sulfonación. En ambos casos catalizada por el H_2SO_4



c) Alquilaciones y acilaciones de Friedel-Crafts:

Catalizadas por especies como AlCl_3 o el FeCl_3 . Suelen introducir en anillo radicales $-\text{R}$ o

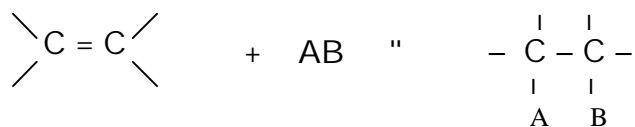
$-\text{RCO}$.



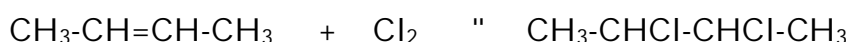
Las sucesivas sustituciones pueden generar los compuestos orto, meta y para según el tipo de reactivo que ingrese con anterioridad.

- 2) Reacciones de adición al doble y triple enlace. En estas reacciones por la acción de diversos reactivos atacantes desaparecen los dobles o triples enlaces. El esquema general de estas reacciones es:

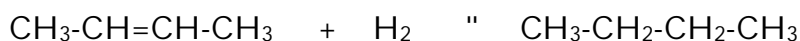
Adiciones al doble enlace:



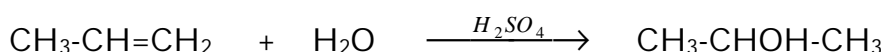
a) Adición de halógenos:



b) Hidrogenación:



c) Adición de agua: puede ser catalizada por ácidos y origina alcoholes.



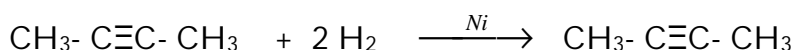
d) Adición de halogenuros de hidrógeno HX (H⁺Cl⁻)



En estos dos últimos casos para saber en que carbono se produce la sustitución se sigue la regla de Markovnikov, según la parte negativa del atacante (el halógeno o el OH⁻, en cada caso) se coloca sobre el carbono mas sustituido.

Adiciones al triple enlace

a) Adición de hidrógeno. En este caso la reacción catalizada de forma adecuada se puede detener en la formación el alqueno correspondiente o el alcano.



Hidrogenando con paladio de catalizador se puede controlar de forma sucesiva la hidrogenación.

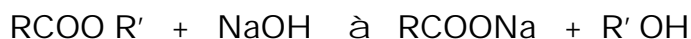
b) Adición de halógenos. Origina derivados halogenados.



c) Adición de halogenuros de hidrógeno. Se adicionan HCl, HBr, o HI para formar derivados halogenados.

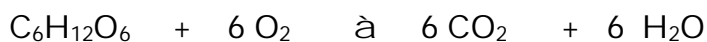


Continúa cumpliéndose la regla de Markovnikov.



2) Combustión:

La mayoría de los compuestos orgánicos arden en presencia de oxígeno para dar dióxido de carbono y agua, y algún que otro producto en función de su composición química



Puedes comprobar que se trata de un proceso redox.

3) Reacciones redox:

No son ningún grupo específico de reacciones, solo recoge el hecho de que los n°s de oxidación cambian.

La oxidación del metano origina:

Metano → metanol → metanal → ácido metanóico → dióxido de carbono

N°oxd C	-4	-2	0	+2	+4
---------	----	----	---	----	----

Algunos ejemplos son:

