

TEMA 7: QUÍMICA DEL CARBONO

7.1 INTRODUCCIÓN. QUÍMICA DEL CARBONO

La química del carbono, también conocida como química orgánica, es una rama de la química que se ocupa de las propiedades y reacciones de los compuestos del carbono.

El nombre de química orgánica debe su origen a que en un principio se creyó que sólo los organismos vivos, mediante alguna misteriosa “fuerza vital”, eran capaces de formar compuestos orgánicos. De acuerdo con este hecho, los compuestos químicos se clasificaban en:

- Orgánicos: si procedían de organismos vivos, animales o plantas.
- Inorgánicos: si tenían un origen mineral o podían obtenerse en el laboratorio.

La hipótesis del origen exclusivamente orgánico de estos compuestos duró hasta 1828, cuando Friedrich Wöhler preparó urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (sustancia procedente del metabolismo animal), a partir de cianato de amonio, NH_4OCN . En 1845, Hermann Kolbe, alumno de Wöhler, sintetizó ácido acético a partir de sus elementos y Marcelin Berthierlot sintetizó metano; estos hechos corroboraron las conclusiones de Wöhler y determinaron el definitivo y total rechazo de la teoría de la fuerza vital.

7.1.1 Propiedades generales de los compuestos orgánicos

El análisis de los compuestos orgánicos demostró que el carbono formaba parte de todos los compuestos orgánicos. A partir de este hecho, Friedrich A. Kekulé sugirió en 1861 que sería mejor designar la química orgánica como la química de los compuestos de carbono. Aunque hay sustancias como el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el ácido carbónico, los carbonatos, los cianuros y los carburos que contienen carbono y no se estudian como compuestos orgánicos. ¿Qué diferencias hay entre los compuestos orgánicos y las sales inorgánicas?

Los compuestos orgánicos presentaban características bien marcadas que, en principio, los diferenciaban de los compuestos minerales (sustancias iónicas). Entre ellas podemos hablar de su:

- **Solubilidad:** Los compuestos orgánicos se disuelven generalmente en otros compuestos orgánicos, como éter, cloroformo o benceno; mientras que los iónicos suelen ser solubles en agua.
- **Estabilidad:** Los compuestos orgánicos suelen descomponerse a temperaturas relativamente bajas y suelen tener puntos de fusión y ebullición bajos; sin embargo, los compuestos iónicos resisten altas temperaturas.
- **Reactividad:** Las reacciones de los compuestos orgánicos suelen ser en general lentas y complicadas, a diferencia de las reacciones de los compuestos iónicos que suelen ser sencillas y casi instantáneas.

Estas diferencias cada vez son menores, puesto que el número de sustancias orgánicas con carácter iónico son cada vez mayores.

En la actualidad se conocen más de siete millones de compuestos de carbono y cada año se descubren miles de nuevos compuestos. Junto con esta cantidad, destaca su variedad, pues son los componentes esenciales de toda la materia viva; son la base de todos los hidratos de carbono, proteínas y grasas; de todos los combustibles... Entre ellos se encuentran casi todos los plásticos, tintes, medicamentos, perfumes, fibras naturales y sintéticas... de ahí la importancia de su estudio.

7.2 EL ÁTOMO DE CARBONO. ENLACES C – C .

Todos los compuestos orgánicos se caracterizan por contener átomos de carbono en sus moléculas. Junto al carbono, los elementos que con mayor frecuencia intervienen en su constitución son: el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno. También pueden formar parte de los mismos, aunque con mucha menor frecuencia, los halógenos, el azufre, el fósforo, el silicio o el boro y en algunas ocasiones incluso metales como el sodio, el calcio o el cinc. ¿Cómo es posible que un número tan pequeño de elementos como forman parte de la materia orgánica pueda formar un número tan elevado de compuestos? ¿qué tiene de especial el carbono, que él sólo es capaz de formar una rama de la química?

El gran número y la diversidad de los compuestos orgánicos son una consecuencia de las características especiales que muestra el átomo de carbono:

- La **electronegatividad** que presenta el átomo de carbono (2,5), intermedia entre la de cesio (0,7) y la de flúor (4,0).

Esta electronegatividad permite al átomo de carbono combinarse con facilidad con elementos muy diferentes de la tabla periódica. El carbono forma enlaces covalentes con otros muchos átomos como O, N, S, F, Cl, Br, I y As. en las mismas moléculas en las que se enlaza con otros átomos de carbono en una serie infinita de formaciones.

- La **tetravalencia** del átomo de carbono, debida a la promoción electrónica, obteniéndose 4 electrones desapareados en la última capa.

- El **reducido volumen del átomo** hace que los electrones de valencia estén fuertemente atraídos por el núcleo. La tendencia del átomo de carbono para formar enlaces covalentes con otros átomos de carbono en largas cadenas y ciclos, se debe a la tetravalencia que presenta y al elevado valor de la energía del enlace simple carbono-carbono (347 KJ/mol). Este valor es el más alto de todas las energías de enlace homonucleares, exceptuando la del enlace hidrógeno-hidrógeno (435 KJ/mol)

7.2.1. Enlaces C -C

La tetravalencia del átomo de carbono le permite efectuar enlaces simples, dobles, o triples, con otros átomos de carbono, pudiendo al mismo tiempo unirse a átomos de otros elementos. Recordemos las características de estos enlaces:

Polaridad: Esta propiedad está muy relacionada con el grupo o grupos funcionales que contenga la molécula, ya que son estos los que pueden aportar átomos con suficiente electronegatividad (F, O, N, Cl) como para crear separación de cargas (las cadenas hidrocarbonadas suelen ser apolares o muy poco polares).

Una mayor polaridad implica:

- Mayor solubilidad en agua y disolventes polares.
- Mayores puntos de fusión y ebullición, dado que las fuerzas intermoleculares son más intensas.

Longitud de la cadena: La cadena carbonada tiene una muy baja polaridad, por lo que una mayor longitud trae consigo un descenso en el carácter polar de la molécula. No obstante, un mayor tamaño de la molécula hace que haya más posibilidades de interacción con otras moléculas.

Una mayor longitud de la cadena significa:

- Menor solubilidad en agua y disolventes polares
- Mayores puntos de fusión y ebullición.

7.4 ISOMERÍA.

Isómeros: Compuestos con idéntica fórmula molecular, pero con distintas propiedades, debido a la diferente disposición de los átomos en la molécula (diferente fórmula estructural).

Distinguimos diferentes tipos de isomería:

<u>Plana</u>	De cadena De función De posición	<u>Espacial (estereoisomería):</u>	Geométrica (cis-trans) Óptica
--------------	--	------------------------------------	----------------------------------

7.4.1 Isomería de cadena

Los isómeros de cadena poseen cadenas con igual número de átomos de carbono, pero con una disposición diferente, dadas las múltiples posibilidades de ramificación.

Ejemplos: 1) butano $C_4H_{10} \rightarrow CH_3CH_2CH_2CH_3$ Isobutano (metilpropano) $C_4H_{10} \rightarrow CH_3CH(CH_3)CH_3$
2) o-metilfenol, m-metilfenol, p-metilfenol

7.4.2 Isomería de función

Los isómeros de este tipo, a pesar de poseer igual fórmula molecular (igual nº de átomos de cada elemento), tienen en sus moléculas distintos grupos funcionales. Tendrán propiedades físico-químicas en general muy diferentes.

Ejemplo: propanona CH_3COCH_3 propanal CH_3CH_2CHO

7.4.3 Isomería de posición

Estos isómeros poseen el mismo grupo funcional, pero colocado en un lugar distinto de la cadena carbonada.

Ejemplo: 1-butanol $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$, 2-butanol $CH_3CH_2CHOHCH_3$

7.4.4 Isomería geométrica (cis-trans)

La isomería geométrica es característica de los compuestos orgánicos que poseen dos átomos de carbonos unidos por un doble enlace y que a su vez poseen dos sustituyentes idénticos. Los sustituyentes iguales pueden estar situados al mismo lado del doble enlace (cis) o en lados opuestos (trans). Así, por ejemplo, el 2-buteno $CH_3CH=CHCH_3$, presenta 2 isómeros geométricos.

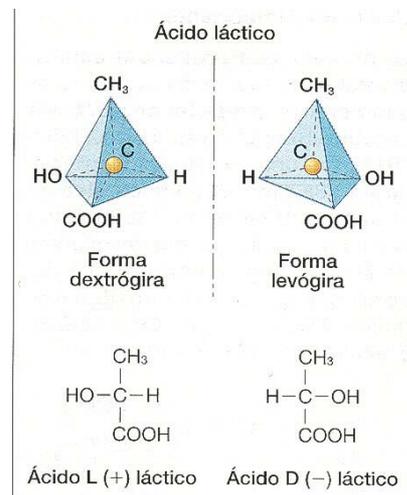


Los isómeros cis y trans no son convertibles el uno en el otro, porque carecen de libre rotación en torno al doble enlace.

7.4.5 Isomería óptica

La isomería óptica es característica de aquellos compuestos orgánicos que poseen uno o más átomos de carbono asimétricos. Un **carbono asimétrico o quiral es aquel que posee los cuatro sustituyentes distintos**. Los isómeros ópticos, también llamados *enantiómeros*, presentan propiedades físicas y químicas casi idénticas, pero desvían el plano de la luz polarizada en sentidos opuestos: uno a la derecha, llamado dextrógiro (+) y otro a la izquierda, llamado levógiro (-).

Una molécula quiral, como por ejemplo el ácido láctico se caracteriza porque presenta dos isómeros que al superponer sus estructuras no coinciden, son como un objeto y su imagen en el espejo.



7.5 REACCIONES ORGÁNICAS.

Los compuestos orgánicos pueden sufrir múltiples reacciones químicas. Algunas ya han sido estudiadas en unidades anteriores (reacciones ácido-base, redox, combustión). Nos centraremos ahora brevemente en algunas reacciones específicas de los compuestos de carbono.

Dado el carácter covalente de los enlaces, las energías de activación de las reacciones orgánicas suelen ser elevadas. Esto hace que este tipo de procesos sean en general lentos, y de bajo rendimiento.

Los enlaces σ entre átomos aportan gran estabilidad, por lo que los compuestos constituidos únicamente por enlaces simples (caso de los hidrocarburos saturados) serán poco reactivos. Por el contrario, los enlaces π (dobles y triples) tienen mayor reactividad, pudiendo transformarse en enlaces σ más estables.

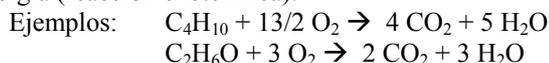
Tipos de reactivos

En las moléculas orgánicas hay lugares donde hay átomos de C con carga positiva (C=O) y otros donde hay átomos de C con carga negativa (- OH). Esto determina que los primeros sufran el ataque de reactivos con carga negativa, *reactivos nucleófilos*, y los segundos, el de reactivos con carga positiva, *reactivos electrófilos*.

Reactivos electrófilos	Reactivos nucleófilos
H_3O^+	H_2O
$-NO_2^+$	NH_3
BF_3	$R-OH$
$R-CHO$	$R-NH_2$
R_1-CO-R_2	X^-
X_2 (X = halógeno)	CN^-
	HO^-
	RO^-
	$R-COO^-$

7.5.1 Reacciones de combustión

Los hidrocarburos, y compuestos con funciones oxigenadas (alcoholes, éteres...), al reaccionar con O_2 dan lugar a CO_2 y H_2O , desprendiendo energía (reacción exotérmica).



7.5.2 Reacciones de sustitución.

Reacciones en las que un átomo o grupo atómico unido a un carbono mediante enlace simple es sustituido por otro átomo o grupo diferente.



X puede ser un átomo o un grupo (metil, alcohol, etc), e Y puede ser un átomo suelto (radical libre) o parte de una molécula, que se disocia en la reacción. La otra parte de la molécula se unirá a X

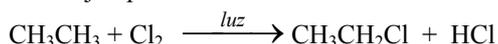
Distinguimos dos tipos:

- Sustitución alifática (en hidrocarburos acíclicos, alcanos)
- Sustitución aromática (en benceno y derivados)

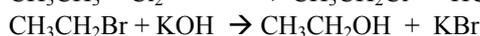
Este tipo de reacciones suelen estar catalizadas.

- En el caso de la sustitución alifática el catalizador suele ser radiación (luz ultravioleta principalmente)
- En la sustitución aromática el catalizador suele ser un ácido de Lewis (H_2SO_4 , $AlCl_3$, SO_3 , $FeCl_3$...)

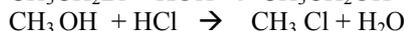
Ejemplos:



Halogenación de un alcano



Formación de un alcohol a partir de halogenuros de alquilo



Sustitución de alcohol por halógenos



Sustitución aromática

7.5.3. Reacciones de sustitución en anillos aromáticos.

Los anillos aromáticos también dan lugar a ataques electrófilos en los que participan los electrones de los enlaces π . No obstante, a diferencia de lo que sucede con los alquenos, el resultado no es una adición al doble enlace, sino una reacción de sustitución, lo que permite que se mantenga el carácter aromático del anillo. Los anillos aromáticos dan reacciones de sustitución electrófila.

Dependiendo de los sustituyentes unidos al anillo aromático, los nuevos sustituyentes (reactivos electrófilos) entrarán en posiciones determinadas en función del sustituyente previo que esté en el anillo.

Cuando el anillo aromático tiene un *sustituyente desactivante*, el nuevo sustituyente entrará preferentemente en las *meta*.

DESACTIVANTES DE LA SUSTITUCIÓN AROMÁTICA ELECTRÓFILA	
Sustituyente	Orienta a
$-NO_2$	meta
$-CF_3$	
$-SO_3H$	
$-C \equiv N$	
$-COOH$	
$-CHO$	

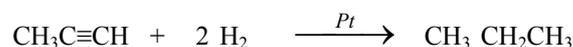
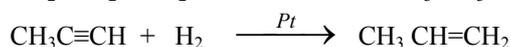
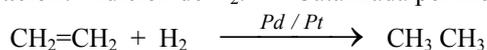
Cuando el anillo aromático tiene un *sustituyente activante*, el nuevo sustituyente entrará preferentemente en las *posiciones orto y para*.

ACTIVANTES DE LA SUSTITUCIÓN AROMÁTICA ELECTRÓFILA	
Sustituyente	Orienta a
—ÑH ₂	orto y para
—ÑHR	
—ÖH	
—ÖR	
—R	

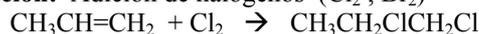
7.5.4. Reacciones de adición

- Se dan en compuestos que poseen dobles o triples enlaces en la cadena carbonada (alquenos y alquinos).
- En estas reacciones, se rompe el enlace π por acción de un reactivo externo, cuyos átomos se unen a los carbonos de la cadena mediante enlace simple (σ).
- Ejemplo: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$
- Estas reacciones pueden ser catalizadas por luz, H_2SO_4 ...
- Los reactivos que se añaden a la cadena pueden ser: Hidrógeno (H_2), Halógenos (Cl_2 , Br_2), Agua (H_2O), halogenuros de hidrógeno (HCl , HBr , HI)

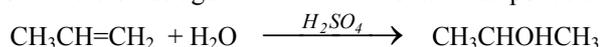
A) Hidrogenación: Adición de H_2 . Catalizada por metales, Ni, Pd, Pt Se forman alcanos.



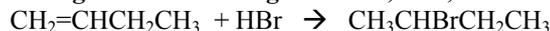
B) Halogenación: Adición de halógenos (Cl_2 , Br_2) Se forman dihaluros de alquilo



C) Hidratación: Adición de agua Catalizada por ácidos Se forman alcoholes



D) Adición de halogenuros de hidrógeno: HCl , HBr , HI Se forman haluros de alquilo

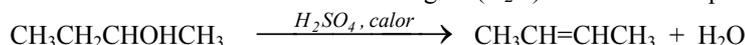


En estos dos últimos tipos de reacciones (C y D), cuando el reactivo es asimétrico (dos elementos distintos, con separación de cargas + y -), se cumple la Regla de Markovnikov: “En la adición de un reactivo del tipo HX a un alqueno, el H del reactivo se unirá preferentemente al átomo de carbono que esté unido a un mayor nº de hidrógenos. La parte negativa X se unirá al carbono que esté unido a un menor nº de hidrógenos”

7.5.5. Reacciones de eliminación

Son reacciones inversas a las de adición. A partir de un alcohol o un halogenuro de alquilo, se extrae de la molécula agua o átomos de halógenos. En el compuesto resultante se ha formado un doble enlace (alqueno).

A) Deshidratación de un alcohol: Eliminación de agua (H_2O) Catalizada por ácidos a elevada temperatura.

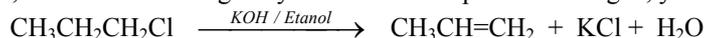


En este tipo de reacciones se cumple la Regla de Saytzeff: “El hidrógeno que se elimina junto con el alcohol es el de aquel átomo de carbono que posee menor número de hidrógenos”.

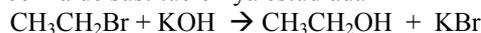
B) Deshidrohalogenación: Eliminación de un átomo de halógeno y uno de hidrógeno.

Se realiza en presencia de KOH y etanol (potasa alcohólica).

En la reacción, El átomo de hidrógeno y el OH^- se unen para formar agua, y el K^+ se une al halógeno.

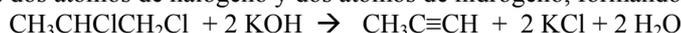


Esta reacción puede darse conjuntamente con la de sustitución ya estudiada



Un aumento de la temperatura favorece la reacción de sustitución

Es posible realizar una **doble eliminación**, en el caso de que el compuesto posea dos átomos del mismo elemento en carbonos contiguos. Se eliminan entonces los dos átomos de halógeno y dos átomos de hidrógeno, formándose un triple enlace (alquino).



7.5.6. Esterificación

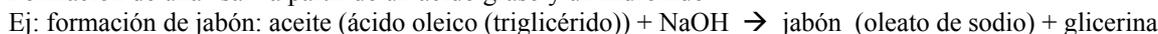
Formación de un éster a partir de un alcohol y un ácido carboxílico, desprendiendo agua.



Formación de triglicéridos a partir de ácidos grasos y glicerina.

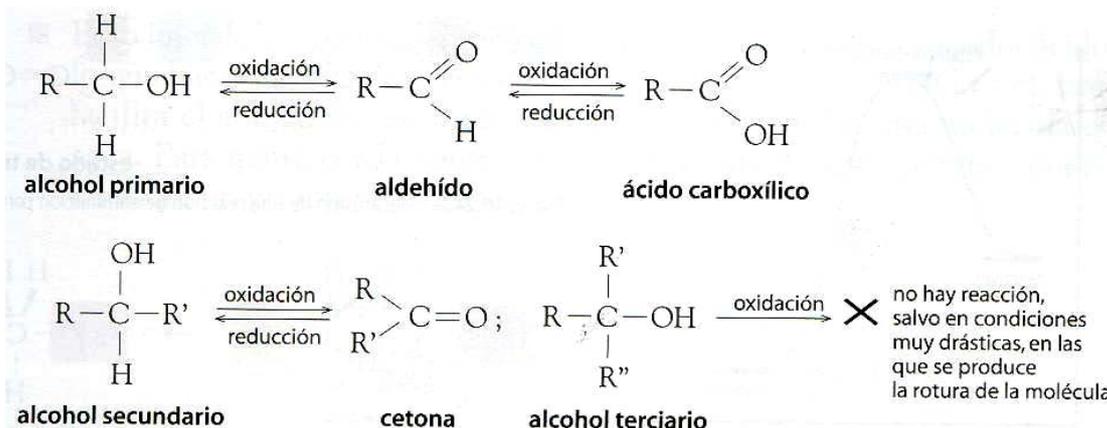
7.5.7. Saponificación

Formación de una "sal" a partir de un ácido graso y un hidróxido



7.5.8. Reacciones de oxidación-reducción

Para oxidar un compuesto orgánico, se le hace reaccionar con oxidantes como el KMnO_4 , el $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ o el H_2SO_4 ; para reducirlo, se hace que reaccione directamente con H_2 o con hidruros (hidruros de litio y aluminio, LiAlH_4)



7.6 EL PETROLEO Y SUS DERIVADOS.

El petróleo es una mezcla de hidrocarburos que procede de la descomposición anaerobia (en ausencia de aire) del plancton acumulado durante millones de años en el fondo de mares y lagos. Es un proceso muy lento, de millones de años, con lo que sólo puede extraerse de yacimientos fósiles.

Es una sustancia oleosa de color variable, desde el ámbar hasta el negro. Su composición es variable. Contienen entre un 90 y un 95% de hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos (gas natural).

Usos: Obtención de energía (90%). Fabricación de plásticos, aceites, fertilizantes, medicamentos, pinturas, colorantes, fibras textiles, explosivos, disolventes...

Los diferentes hidrocarburos se separan por destilación fraccionada, separando en una torre de fraccionamiento las sustancias según su punto de ebullición. Se obtienen así gases, gasolinas, queroseno, gasoil, aceites lubricantes, asfaltos...

Las gasolinas (compuestas en su mayor parte por octano y heptano) se obtiene mediante *cracking*, rotura de cadenas más largas por calentamiento a presión (500 °C y 12 atm) y posterior refinado.

Es importante que la gasolina se inflame cuando se produzca la chispa en el motor, pero que no explote espontáneamente (detonación). A mayor proporción de octanos, menor peligro hay de detonación.

El índice de octanos indica el porcentaje de octano presente en la gasolina. Este porcentaje se aumenta mediante el uso de catalizadores de plomo, con el inconveniente de que introduce plomo en la gasolina (muy contaminante, y que degrada los catalizadores del tubo de escape). Las actuales gasolinas sin plomo incluyen diversos alcoholes como antidetonantes.

Plásticos: Sustancias sólidas a temperatura ambiente, que mantiene su forma tras ser moldeadas a alta temperatura. Los primeros plásticos artificiales fueron obtenidos a finales del s. XIX (celofán, rayón, celuloide, ebonita).

En el s. XX, se obtienen gran cantidad de plásticos por polimerización (formación de cadenas largas al unir moléculas más pequeñas). Por ejemplo:

Baquelita (polimerizando fenol + metanal)

nylon (poliamida)

PVC (polimerizando cloruro de vinilo)

plexiglás y metacrilatos

Polietileno (polimerizando etileno)

Tienen múltiples usos, pero son difícilmente reciclables y, salvo excepciones, no son biodegradables. Además, al quemarlos, desprenden gases contaminantes.

7.7 MACROMOLÉCULAS DE INTERÉS BIOLÓGICO

Son muchos los compuestos orgánicos que aparecen en la vida cotidiana. Sólo destacamos aquí los nombres de algunos.

Proteínas: Formados por largas cadenas de aminoácidos (moléculas con grupos amino y carboxilo). Son los "ladrillos" que construyen las células.

Grasas: ácidos grasos de cadena larga y los ésteres de estos ácidos. Ej: aceites, colesterol...

Hidratos de carbono (azúcares): Formados por aldehidos y cetonas con radicales -hidroxi. Constituyen la fuente de energía de los organismos vivos. Ej: almidón, sacarosa, glucosa, fructosa, lactosa...

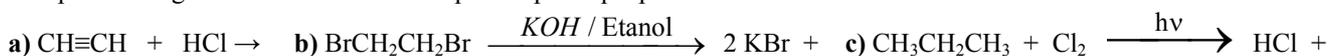
Ejercicios de Selectividad Tema 7 (Orgánica) (todos son cuestiones)

a) Serie homóloga, isomería e hibridación.

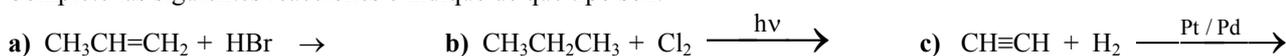
- Indique el tipo de hibridación que presenta cada uno de los átomos de carbono en las siguientes moléculas:
 a) $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3$ b) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- Dadas las moléculas CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
 a) En la molécula C_2H_4 los dos átomos de carbono presentan hibridación sp^3 .
 b) El átomo de carbono de la molécula CH_4 posee hibridación sp^3 . c) La molécula de C_2H_2 es lineal.
- Las fórmulas moleculares de tres hidrocarburos lineales son: C_3H_6 , C_4H_{10} y C_5H_{12} . Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: a) Los tres pertenecen a la misma serie homóloga. b) Los tres presentan reacciones de adición.
 c) Los tres poseen átomos de carbono con hibridación sp^3 .
- Los compuestos $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ y $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ tienen masas moleculares similares. Indique, justificando la respuesta:
 a)Cuál tiene mayor punto de fusión. b)Cuál de ellos puede experimentar una reacción de eliminación y escríbala.
- Dados los compuestos: 2-butanol, $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_3$, y 3-metilbutanol, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, responda, razonadamente, a las siguientes cuestiones: a) ¿Son isómeros entre sí? b) ¿Presenta alguno de ellos isomería óptica?
- a) Defina serie homóloga.
 b) Escriba la fórmula de un compuesto que pertenezca a la misma serie homóloga de cada uno de los que aparecen a continuación: CH_3CH_3 ; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$.
- Dados los siguientes compuestos: $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$, CH_3CONH_2 , $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ y $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$
 a) Identifique los grupos funcionales presentes en cada uno de ellos.
 b) ¿Alguno posee átomos de carbono asimétrico? Razone su respuesta.
- Defina los siguientes conceptos y ponga un ejemplo de cada uno de ellos:
 a) Serie homóloga. b) Isomería de cadena. c) Isomería geométrica.
- Las fórmulas moleculares de tres hidrocarburos lineales son: C_2H_4 ; C_3H_8 y C_4H_{10} . Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: a) Los tres pertenecen a la misma serie homóloga. b) Los tres experimentan reacciones de sustitución.
 c) Sólo uno de ellos tiene átomos de carbono con hibridación sp^2 .
- Defina los siguientes conceptos y ponga un ejemplo de cada uno de ellos:
 a) Isomería de función. b) Isomería de posición. c) Isomería óptica.
- a) Escriba las estructuras de los isómeros de posición del *n*-pentanol ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$).
 b) Represente tres isómeros de fórmula molecular C_8H_{18} .
- Considere las siguientes moléculas: $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$; CH_3COCH_3 ; CH_3CONH_2 ; $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$
 a) Identifique sus grupos funcionales.
 b) ¿Cuál de estos compuestos daría propeno mediante una reacción de eliminación? Escriba la reacción.
- a) Defina carbono asimétrico. b) Señale el carbono asimétrico, si lo hubiere, en los siguientes compuestos:
 $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$, $\text{CH}_2=\text{CClCH}_2\text{CH}_3$, $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_2\text{CH}_3$
- Señale el tipo de isomería existente entre los compuestos de cada uno de los apartados siguientes:
 a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ y $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ y CH_3OCH_3 c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ y $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$
- a) ¿Cuál es el alcano más simple que presenta isomería óptica?
 b) Razone por qué la longitud del enlace entre los átomos de carbono en el benceno (C_6H_6) es 1'40 Å, sabiendo que en el etano (C_2H_6) es 1'54 Å y en el eteno (C_2H_4) es 1'34 Å.
- Escriba: (selectividad 2007)
 a) Un isómero de cadena de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ b) Un isómero de función de $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_3$
 c) Un isómero de posición de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$
- Escriba: (Selectividad 2007)
 a) Dos hidrocarburos saturados que sean isómeros de cadena entre sí. b) Dos alcoholes que sean entre sí isómeros de posición.
 c) Un aldehído que muestre isomería óptica.
- Si consideramos los compuestos C_6H_6 y C_2H_2 , razone de las siguientes afirmaciones cuáles son ciertas y cuáles falsas: (Selectividad 2007) a) Los dos tienen la misma fórmula empírica. b) Los dos tienen la misma fórmula molecular.
 c) Los dos tienen la misma composición centesimal.
- Dados los compuestos: $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOCH}_3$; CH_3OCH_3 ; $\text{CH}_2=\text{CHCHO}$ (Selectividad 2008)
 a) Identifique y nombre la función que presenta cada uno. b) Razone si presentan isomería *cis-trans*.
 c) Justifique si presentan isomería óptica.
- Para cada compuesto, formule: (Selectividad 2008)
 a) Los isómeros *cis-trans* de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$ b) Un isómero de función de $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_3$
 c) Un isómero de posición del derivado bencénico $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$

b) Reacciones de los compuestos orgánicos.

1.- Complete las siguientes reacciones e indique el tipo al que pertenecen:



2.- Complete las siguientes reacciones e indique de qué tipo son:



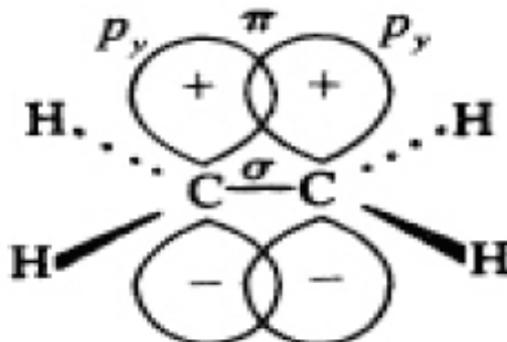
3.- Complete las siguientes reacciones y ajuste la que corresponda a una combustión:

- a) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow$ c) $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \rightarrow$
- 4.- Ponga un ejemplo de los siguientes tipos de reacciones:
 a) Reacción de adición a un alqueno. b) Reacción de sustitución en un alcano.
 c) Reacción de eliminación de HCl en un cloruro de alquilo.
- 5.- Complete las siguientes reacciones orgánicas e indique de qué tipo son:
 a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{calor})} \rightarrow$ + H_2O b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HI} \rightarrow$
 c) C_6H_6 (benceno) + $\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \rightarrow$ + H_2O
- 6.- Complete las siguientes reacciones orgánicas e indique de qué tipo son:
 a) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Catalizador}} \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{Luz}} \rightarrow$ + HCl c) $\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow$
- 7.- Complete las siguientes reacciones orgánicas e indique de qué tipo son:
 a) $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \rightarrow$ b) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{catalizadob}} \rightarrow$ c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} \xrightarrow{\text{KOH} / \text{Etanol}} \rightarrow$
- 8.- Complete las siguientes reacciones e indique de qué tipo son:
 a) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow$ c) C_6H_6 (benceno) + $\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{AlCl}_3} \rightarrow$
- 9.- Dados los compuestos orgánicos: CH_3CH_3 ; CH_3OH y $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$.
 a) Explique la solubilidad en agua de cada uno de ellos. b) Indique cuáles son hidrocarburos.
 c) ¿Puede experimentar alguno de ellos reacciones de adición? En tal caso, escriba una.
- 10.- Complete las siguientes reacciones y ajuste la de combustión:
 a) $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH} + \text{HCl} \rightarrow$ c) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 11.- Complete las siguientes reacciones:
 a) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{Luz}} \rightarrow$ c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 12.- Razone las siguientes cuestiones:
 a) ¿Puede adicionar halógenos un alcano?
 b) ¿Pueden experimentar reacciones de adición de haluros de hidrógeno los alquenos?
 c) ¿Cuáles serían los posibles derivados diclorados del benceno?
- 13.- Utilizando un alqueno como reactivo, escriba:
 a) La reacción de adición de HBr. b) La reacción de combustión ajustada.
 c) La reacción que produzca el correspondiente alcano.
- 14.- Indique los productos que se obtienen en cada una de las siguientes reacciones: **(Selectividad 2007)**
 a) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow$ c) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$
- 15.- Complete las siguientes reacciones químicas: **(Selectividad 2007)**
 a) $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3 \xrightarrow{\text{KOH} / \text{Etanol}} \rightarrow$ c) $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow$
- 16.- Indique el producto que se obtiene en cada una de las siguientes reacciones: **(Selectividad 2008)**
 a) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow$ b) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow$ c) C_6H_6 (benceno) + $\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \rightarrow$
- 17.- Indique el compuesto orgánico que se obtiene en las siguientes reacciones químicas: **(Selectividad 2008)**
 a) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow$ b) C_6H_6 (benceno) + $\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{catalizador}} \rightarrow$ c) $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3 \xrightarrow{\text{KOH} (\text{etanol})} \rightarrow$
- 18.- Para el compuesto $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ escriba: **(Selectividad 2008)**
 a) La reacción con HBr. b) La reacción de combustión. c) Una reacción que produzca $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

ANEXOS

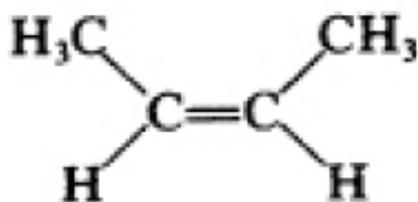
ISOMERIA GEOMETRICA (cis-trans)

El C=C consiste en un enlace σ (sigma) más un enlace π (pi). El enlace π se halla en un plano perpendicular al plano definido por el enlace σ .

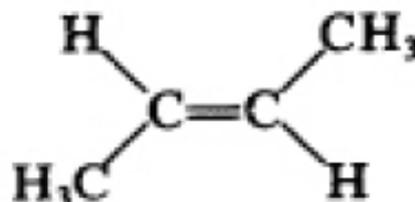


- El enlace π es más débil y más reactivo que el enlace σ .
- La reactividad del enlace confiere las propiedades de insaturación a los alquenos, que sufren fácilmente reacciones de adición.
- El enlace impide la rotación libre en torno al enlace C=C y, por tanto, un alqueno que tiene dos sustituyentes distintos sobre cada carbono del doble enlace presenta **isómeros geométricos**.

P. Ej: existen dos posibilidades para el compuesto 2-buteno:



Ambos CH₃ están
al mismo lado: *cis*



Los CH₃ están
en lados opuestos: *trans*

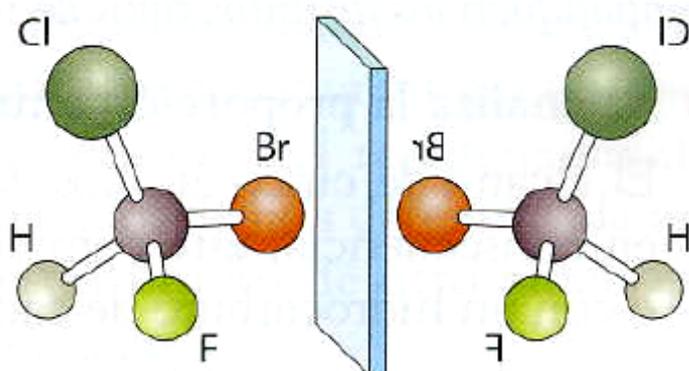
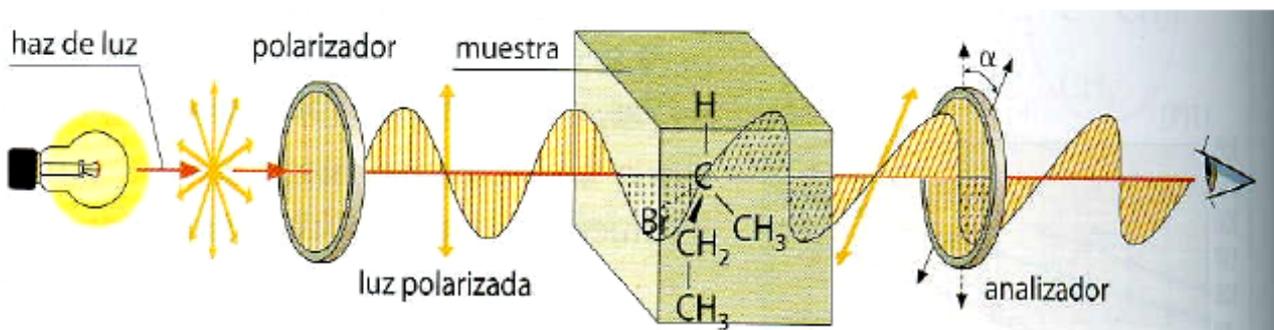
Los **isómeros geométricos (cis-trans)** son **estereoisómeros** porque difieren únicamente en la disposición espacial de los grupos, además tienen propiedades físicas distintas (puntos de fusión y ebullición, etc.).

En lugar de cis-trans, pueden utilizarse las letras Z, E:

- La letra Z se emplea si los sustituyentes de mayor prioridad de cada carbono se encuentran al mismo lado del doble enlace.
- La letra E indica que se encuentran en lados opuestos.

ISOMERÍA ÓPTICA

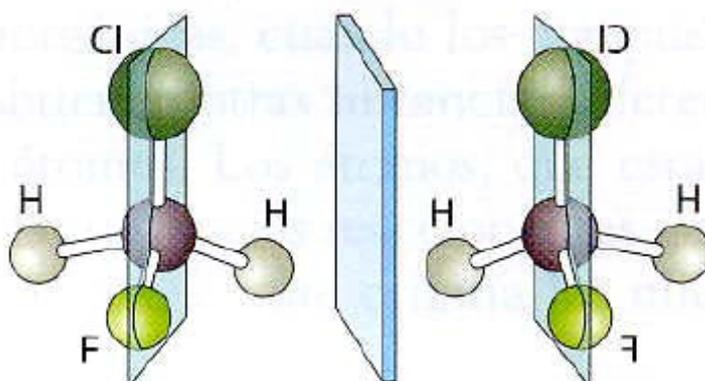
Enantiómeros: Son compuestos cuyas fórmulas son imágenes especulares no superponibles, también llamados isómeros ópticos.



Carbono Quiral
(tiene los cuatros sustituyentes distintos)

Da lugar a dos enantiomeros

FIGURA 10.14.a. Los compuestos que tienen un átomo de C con cuatro sustituyentes distintos presentan isomería óptica. El compuesto y su imagen especular no son superponibles. Son compuestos diferentes.



Carbono No Quiral
(no tiene los cuatros sustituyentes distintos)

No da lugar a dos enantiomeros

FIGURA 10.14.b. Si el átomo de C tiene dos o más sustituyentes iguales, su molécula y la del compuesto que es su imagen especular son superponibles. Ambos son el mismo compuesto. No presentan isomería óptica.

REACCIONES ORGÁNICAS

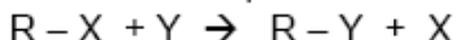
Reactivos electrófilos	Reactivos nucleófilos
H_3O^+	H_2O
$-NO_2^+$	NH_3
BF_3	$R-OH$
$R-CHO$	$R-NH_2$
R_1-CO-R_2	X^-
X_2 (X = halógeno)	CN^-
	HO^-
	RO^-
	$R-COO^-$

Reactivos nucleófilos
aquellos que tienen carga negativa y por lo tanto apetencia de carga positiva.

Reactivos electrófilos
aquellos que tienen carga positiva y por lo tanto apetencia de carga negativa.

Reacciones de sustitución

Reacciones en las que un átomo o grupo atómico unido a un carbono mediante enlace simple es sustituido por otro átomo o grupo diferente.

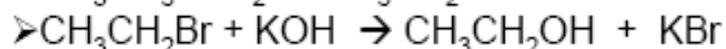


- X puede ser un átomo o un grupo (metil, alcohol, etc), e
- Y puede ser un átomo suelto (radical libre) o parte de una molécula, que se disocia en la reacción. La otra parte de la molécula se unirá a X

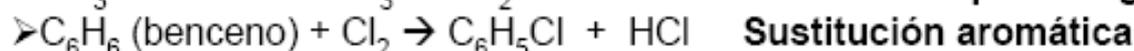
Distinguimos dos tipos:

- *Sustitución alifática* (en hidrocarburos acíclicos, alcanos)
- *Sustitución aromática* (en benceno y derivados)

Ejemplos:



Formación de un alcohol a partir de halogenuros de alquilo



Reacciones de sustitución en anillos aromáticos

DESACTIVANTES DE LA SUSTITUCIÓN AROMÁTICA ELECTRÓFILA	
Sustituyente	Orienta a
-NO ₂	meta
-CF ₃	
-SO ₃ H	
-C≡N	
-COOH	
-CHO	

Quando el anillo aromático tiene un **sustituyente desactivante**, el nuevo sustituyente entrará preferentemente en las **meta**.

ACTIVANTES DE LA SUSTITUCIÓN AROMÁTICA ELECTRÓFILA	
Sustituyente	Orienta a
-NH ₂	orto y para
-NHR	
-OH	
-OR	
-R	

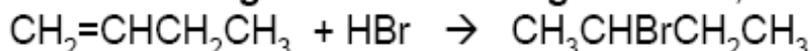
Quando el anillo aromático tiene un **sustituyente activante**, el nuevo sustituyente entrará preferentemente en las **posiciones orto y para**.

Reacciones de adición

Hidratación: Adición de agua Catalizada ácidos (H₂SO₄)
Se forman alcoholes



Adición de halogenuros de hidrógeno: HCl, HBr, HI



forman haluros de alquilo

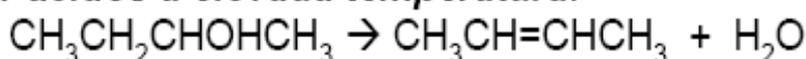
Quando el reactivo es asimétrico (dos elementos distintos, con separación de cargas + y -), se cumple la Regla de Markovnikov:

“En la adición de un reactivo del tipo HX a un alqueno, el H del reactivo se unirá preferentemente al átomo de carbono que esté unido a un mayor nº de hidrógenos. La parte negativa X se unirá al carbono que esté unido a un menor nº de hidrógenos”

Reacciones de eliminación

Son reacciones inversas a las de adición. A partir de un alcohol o un halogenuro de alquilo, se extrae de la molécula agua o átomos de halógenos. En el compuesto resultante se ha formado un doble enlace (alqueno).

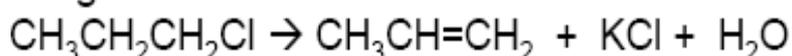
A) Deshidratación de un alcohol: Eliminación de agua (H₂O)
Catalizada por ácidos a elevada temperatura.



B) Deshidrohalogenación: Eliminación de un átomo de halógeno y uno de hidrógeno.

Se realiza en *presencia de KOH y etanol (potasa alcohólica)*.

En la reacción, El átomo de hidrógeno y el OH⁻ se unen para formar agua, y el K⁺ se une al halógeno.

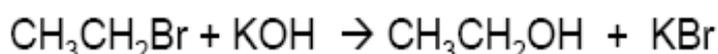


En este tipo de reacciones se cumple la Regla de Saytzeff:

“El hidrógeno que se elimina junto con el alcohol o el halógeno es el de aquel átomo de carbono que posee menor número de hidrógenos”.

No todas las reacciones de deshidrohalogenación siguen la regla de Saytzeff. Cuando se utiliza una base muy voluminosa (tBuONa) siguen la regla de Hoffman, el doble enlace se produce preferentemente hacia el C menos sustituido.

Esta reacción puede darse conjuntamente con la de sustitución ya estudiada



Un ***aumento de la temperatura*** favorece la reacción de sustitución

Es posible realizar una **doble eliminación**, en el caso de que el compuesto posea dos átomos del mismo elemento en carbonos contiguos. Se eliminan entonces los dos átomos de halógeno y dos átomos de hidrógeno, formándose un triple enlace (alquino).



Reacciones de oxidación-reducción

Para oxidar un compuesto orgánico, se le hace reaccionar con oxidantes como el KMnO_4 , el $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ o el H_2SO_4 ; para reducirlo, se hace que reaccione directamente con H_2 o con hidruros (hidruros de litio y aluminio, LiAlH_4)

