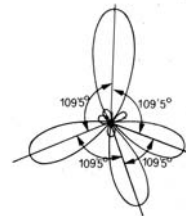


# LA QUÍMICA DEL CARBONO

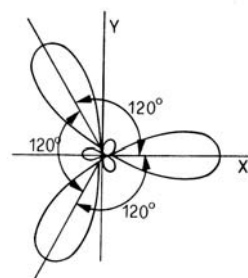
## EL ÁTOMO DE CARBONO

El átomo de carbono tiene una estructura electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^2$ , por lo que en la 2ª capa posee 4 electrones los cuales pueden reordenarse para formar una serie de orbitales híbridos a la hora de combinarse para formar compuestos. Estos híbridos pueden ser:

**Híbridos  $sp^3$**  En ellos se produce una reordenación de los electrones de la última capa que se redistribuyen quedando de la forma:  $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ , por lo que aparecen cuatro orbitales semillenos, capaces de formar enlaces, los cuales se orientan simétricamente en el espacio de tal manera que el átomo de carbono ocupará el centro de un tetraedro regular y los cuatro orbitales híbridos, que son idénticos entre sí, están orientados hacia los vértices de dicho tetraedro. Esta hibridación  $sp^3$  es la más frecuente ya que es la responsable de la formación de los enlaces sencillos que forma el átomo de carbono.



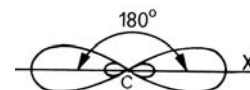
**Híbridos  $sp^2$**  En ocasiones la hibridación de los cuatro orbitales de la 2ª capa no es completa ya que uno de los orbitales 2p queda sin hibridar. Es característico de los compuestos en los que el átomo de carbono se une mediante un doble enlace a otros átomos. En estos casos, los tres orbitales híbridos  $sp^2$  se sitúan en un mismo plano, dirigidos hacia los vértices de un triángulo equilátero en cuyo centro se encuentra el átomo de carbono, mientras que el orbital 2p sin hibridar es perpendicular a dicho plano.



Cuando se unen dos átomos de carbono por un doble enlace, como sucede en el caso del eteno, se forma una molécula plana en la que cada átomo de carbono se encuentra en el centro de su triángulo equilátero en dos de cuyos vértices se sitúan los átomos de Hidrógeno mientras que por el tercer vértice se une al otro átomo de carbono por medio de un enlace  $\sigma$  y también por un enlace  $\pi$  formado al solaparse las nubes electrónicas de los orbitales 2p no hibridados, las cuales se sitúan por encima y por debajo del plano que contiene a los átomos de carbono e hidrógeno.

**Híbridos  $sp$**  En ocasiones pueden formarse solamente dos orbitales híbridos  $sp$ , quedando otros dos orbitales 2p sin hibridar. Es característico de aquellos átomos de carbono que soportan un triple enlace.

En estos casos, los orbitales híbridos  $sp$  adoptan una disposición lineal con el átomo de carbono en medio y los otros dos orbitales 2p sin hibridar orientados perpendicularmente entre sí y a la dirección del híbrido.



El triple enlace se debe a la formación de un enlace  $\sigma$  entre un orbital híbrido de cada átomo de carbono y dos enlaces  $\pi$ , más débiles, debidos al solapamiento de los dos orbitales 2p de cada átomo que quedaron sin hibridar; estos enlaces  $\pi$  forman una nube electrónica que rodea al enlace  $\sigma$ .

## REPRESENTACIÓN DE LAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS

La representación abreviada de cualquier compuesto se realiza por medio de su fórmula. De acuerdo con la información que proporcione acerca del compuesto, las fórmulas pueden ser:

**FÓRMULA EMPÍRICA:** Es aquella que nos ofrece la relación mínima en la que entran los elementos que forman el compuesto.

**FÓRMULA MOLECULAR:** Nos indica el número de átomos de cada elemento que forman la molécula del compuesto. Al igual que la fórmula empírica se utiliza muy poco en química orgánica.

**FÓRMULAS ESTRUCTURALES:** son aquellas en las que además de indicarnos el número y tipo de átomos que constituyen la molécula, nos informan sobre la ordenación que presentan. Pueden ser, a su vez, de varios tipos:  
**SEMIDESARROLLADAS:** en las cuales se indican solamente los enlaces que unen los átomos de carbono.  
**DESARROLLADAS:** en ellas se hace una representación en el plano de todos los enlaces presentes en la molécula.

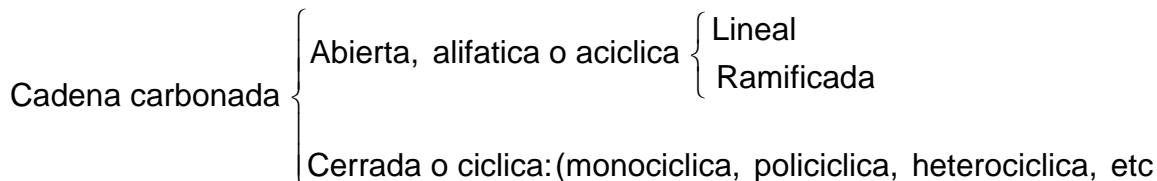
**TRIDIMENSIONALES:** En ellas se hace una representación de la ordenación espacial de los enlaces existentes en la molécula. Por convenio se representan con guiones (-) aquellos enlaces que se encuentran en el plano del papel,

mediante una línea de trazos discontinuos ( ... ) aquellos que van dirigidos hacia detrás del plano y mediante una especie de cuña sólida ( ► ) los enlaces que están dirigidos hacia delante del plano.

## CADENA CARBONADA, GRUPO FUNCIONAL Y SERIE HOMOLOGA

Cualquier compuesto orgánico está formado por una cadena carbonada y uno o varios grupos funcionales.

La cadena carbonada la constituyen todos los átomos de que carbono que están unidos entre sí. De acuerdo con su forma puede ser de varios tipos:



Los átomos de carbono, de acuerdo con su posición en la cadena carbonada y teniendo en cuenta el número de átomos de carbono a los que se encuentren unidos pueden ser:

**PRIMARIOS:** cuando están unidos a un solo átomo de carbono. Se encuentran siempre en un extremo de la cadena.

**SECUNDARIOS:** cuando están unidos a otros dos átomos de carbono

**TERCIARIOS:** cuando están unidos a tres átomos de carbono

**CUATERNARIOS:** cuando están unidos a cuatro átomos de carbono.

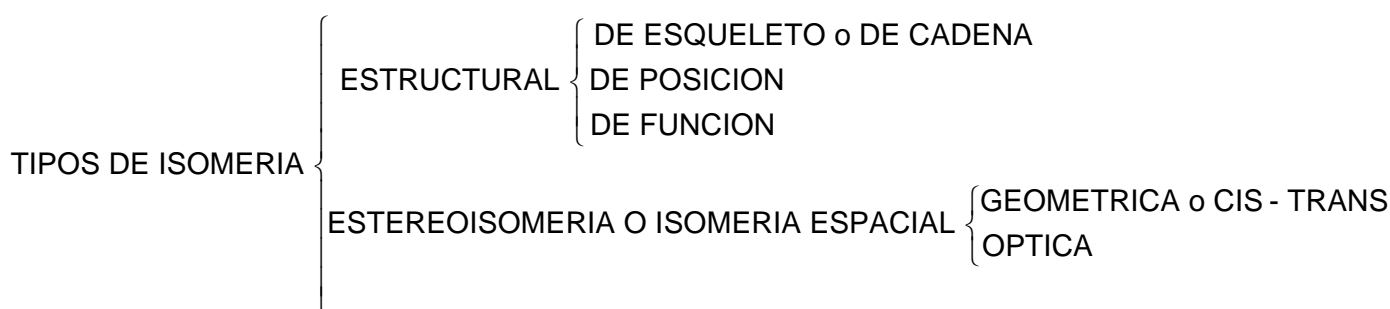
El grupo funcional es un átomo o conjunto de átomos cuya presencia en una molécula le confiere a ésta unas propiedades químicas características. Es concepto de grupo funcional nos permite agrupar a los compuestos orgánicos en clases o familias cada una de las cuales se caracteriza por tener un mismo grupo funcional y por ello un comportamiento químico similar. Dentro de cada clase son características las series homólogas, las cuales están formadas por todos aquellos compuestos que contienen el mismo grupo funcional de tal manera que cada término de la serie difiere del anterior y posterior en un grupo metileno  $-CH_2-$ .

Cuando un compuesto posee más de un grupo funcional, recibe el nombre de compuesto polifuncional, y sus propiedades y comportamiento químico deriva de la coexistencia de ambos grupos funcionales.

## LA ISOMERÍA

La ISOMERÍA es un fenómeno que se produce cuando una misma fórmula molecular corresponde a varios compuestos distintos, siendo diferentes por tanto, sus propiedades físicas y químicas, como sucede, por ejemplo, con el propanal ( $CH_3-CH_2-CHO$ ) y la propanona ( $CH_3-CO-CH_3$ ), ambos con la misma fórmula molecular:  $C_3H_6O$ . A los compuestos que presentan el fenómeno de la isomería se les llama ISÓMEROS.

Existen varios tipos de isomería:



La **ISOMERÍA ESTRUCTURAL** se presenta cuando las diferencias que existen entre los isómeros están en la ordenación o bien en la unión entre los átomos que componen la molécula, por lo que entre los isómeros existe una diferencia en la estructura básica de sus moléculas. Puede ser de tres tipos:

- **ISOMERÍA DE ESQUELETO O DE CADENA:** la presentan aquellos compuestos que, teniendo los mismos grupos funcionales, su cadena carbonada es diferente: como es el caso del BUTANOL y el 2-METILPROPANOL  $CH_3-CH-CH_2OH$  Y el 1-BUTANOL :  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$   
 $CH_3$

Los isómeros de cadena se diferencian principalmente en sus propiedades físicas, aunque pueden presentar también algunas diferencias en sus propiedades químicas debido a la diferente reactividad de los carbonos primarios, secundarios y terciarios.

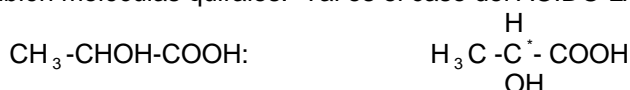
- **ISOMERÍA DE FUNCIÓN:** La presentan aquellos isómeros que poseen grupos funcionales distintos, como es el caso del PROPANAL:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$  y la ACETONA o PROPANONA:  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ .

Los isómeros de función presentan unas diferencias más acusadas entre sus propiedades, sobre todo químicas, ya que al tratarse de grupos funcionales distintos su reactividad es también diferente.

- **ISOMERÍA DE POSICIÓN:** Es la que presentan aquellos isómeros que poseen el mismo grupo funcional pero situado en diferente posición dentro de una misma cadena carbonada, como es el caso de: 1-PROPANOL:  $\text{CH}_2\text{OH-CH}_2\text{-CH}_3$  y el 2-PROPANOL:  $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$

La **ESTEREOISOMERÍA O ISOMERÍA ESPACIAL** se presenta entre aquellos isómeros que se diferencian únicamente en las posiciones relativas de los átomos, sin variar la estructura básica de los mismos. Para entender estos tipos de isomería hemos de tener en cuenta que las moléculas tienen sus átomos dispuestos en el espacio, no en el plano. Puede ser de dos tipos:

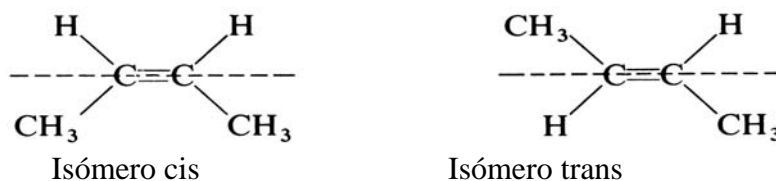
- **ISOMERÍA ÓPTICA:** Se presenta en los compuestos que no tienen ningún plano de simetría en las moléculas. Esta asimetría se debe a la existencia en la molécula de algún carbono asimétrico (llamado también quiral) que son aquellos que están unidos a cuatro sustituyentes distintos y que se marca colocándole un asterisco. Los isómeros ópticos se denominan también moléculas quirales. Tal es el caso del ÁCIDO LÁCTICO o ÁCIDO 2-HIDROXIPROPANOICO:



En esta molécula hay un carbono asimétrico ya que sus cuatro enlaces son con grupos diferentes. Si se hace la representación de estos isómeros en el espacio puede observarse la distinta disposición espacial de los cuatro sustituyentes, por lo que se les llama **estereoisómeros**. Estos estereoisómeros guardan entre sí una relación importante. Cada uno es la imagen especular del otro, por lo que no son superponibles. A estos estereoisómeros no superponibles se les llama también enantiómeros. Tiene siempre las mismas propiedades físicas y químicas, diferenciándose únicamente en su comportamiento frente a la luz polarizada (actividad óptica): un isómero desvía el plano hacia la derecha (**dextrogiro**) y el otro lo desvía hacia la izquierda (**levogiro**): Así, para el compuesto antes citado



- **ISOMERÍA GEOMÉTRICA o CIS-TRANS:** La presentan los compuestos que tienen un doble enlace en su molécula ya que, a diferencia del enlace sencillo, el doble enlace no permite el giro de los átomos enlazados. Para que existan isómeros geométricos es necesario que los grupos unidos a cada uno de los átomos de carbono que forman el doble enlace sean distintos. Estos isómeros se denominan **isómeros geométricos**, sus estructuras se diferencian en la orientación a partir de los átomos unidos por el doble enlace de los cuatro sustituyentes. Si se traza una línea en la dirección del doble enlace que divide la molécula en dos partes, uno de los isómeros tiene los grupos al mismo lado (**isómero cis**) mientras que el otro los tiene en distinto lado (**isómero trans**), así, en el caso del 2-BUTENO: ( $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$ ):



Estos isómeros tienen propiedades físicas y químicas diferentes, siendo por lo general más estable el isómero trans

## CARACTERÍSTICAS DE LAS REACCIONES DEL CARBONO

La reactividad es uno de los problemas más complejos y a la vez más importantes de la química. Un conocimiento profundo del comportamiento de las sustancias, nos permite establecer las vías más importantes y económicas de síntesis así como una mayor comprensión de sus propiedades.

En Química Orgánica la reactividad de cada sustancia depende en gran medida de un átomo o conjunto de átomos dentro de la molécula, *que recibe el nombre de grupo funcionál.* El conocimiento de ese grupo funcional es, pues, de extraordinaria importancia, y nos va a permitir clasificar los compuestos de la Química del carbono en familias o series homólogas, que al poseer un grupo funcional característico, les confiere un comportamiento químico similar.

En general, el conocimiento de una reacción, implica conocer el curso de la misma, es decir, su **mecanismo**, que es la descripción detallada del curso o proceso de la reacción. Las reacciones orgánicas transcurren normalmente en varias etapas con formación de productos intermedios, algunos de difícil detección por su corta vida, como es el caso de los radicales. Por lo que respecta a la velocidad de las reacciones y dada la gran variedad de compuestos del carbono, nos encontraremos con reacciones rápidas y lentas sin poder establecer «a priori» ningún criterio de carácter general. Por el mismo motivo, nos encontraremos con reacciones reversibles e irreversibles. Las primeras quedarán caracterizadas por el valor de la constante de equilibrio, K, en las condiciones en que se efectúe la reacción.

En general, vamos a considerar todas las reacciones orgánicas como el ataque de un reactivo a una cadena carbonada a la cual denominaremos sustrato.

## TIPOS DE RUPTURA DE LAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS

En todas ellas, se producirá inicialmente una ruptura de enlaces covalentes de una molécula con posterior formación de nuevos enlaces. Dicha ruptura puede ser de dos tipos:

### a) RUPTURA HOMOLÍTICA O RADICÁLICA.

Es una ruptura simétrica, en la que se forman dos radicales, cada uno con un electrón desapareado:



Este tipo de ruptura exige una fuente de energía (luz, altas temperaturas, etc.). Las reacciones que se producen previa ruptura homolítica, reciben el nombre de radicales y dan lugar a mezclas de productos.

Los distintos radicales se clasifican según el carbono que soporte el electrón desapareado en:

**Radicales primarios** (el electrón está sobre un carbono primario).  $\cdot\text{CH}_3$

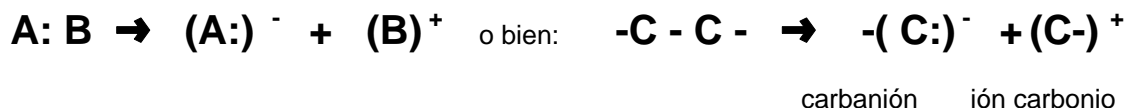
**Radicales secundarios** (el electrón está sobre un carbono secundario)  $\text{CH}_3 \cdot\overset{\cdot}{\text{C}}\text{H} - \text{CH}_3$

**Radicales terciarios** (el electrón está sobre un carbono terciario)  $\text{CH}_3 - \overset{\cdot}{\text{C}} - \text{CH}_3$   
 $\text{CH}_3$

Estos últimos son los más estables.

### b) RUPTURA HETEROLÍTICA O IÓNICA.

Consiste en una ruptura asimétrica con formación de dos iones de distinta carga:



Esta ruptura da lugar a reacciones iónicas las cuales suelen ser rápidas una vez que se han formado los iones ya que el proceso de ruptura de la molécula que los origina puede ser lento y en ellas se forman productos determinados y no mezclas de productos.

## TIPOS DE REACCIONES ORGÁNICAS

Las reacciones orgánicas se pueden clasificar en varios grupos, de acuerdo con diferentes criterios. Así tenemos:

### a) SEGÚN EL TIPO DE REACTIVO ATACANTE las reacciones de la química del carbono podemos clasificarlas en:

**1- Nucleófilas** : Son aquellas en las cuales el reactivo actúa cediendo un par de electrones. El reactivo ataca, pues, a centros positivos del sustrato.

Son reactivos nucleófilos: - Los aniones:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CN}^-$ , etc.  
 - Las bases de Lewis:  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $:\text{NH}_3$ ,  $\text{R}-\text{OH}$ , etc.

**2. Electrófilas:** Son aquellas en las cuales el reactivo actúa aceptando pares electrónicos del sustrato.

Son reactivos electrófilos: - Los cationes:  $\text{H}^+$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{Cl}_2^+$  etc.  
 - Los ácidos de Lewis:  $\text{AlCl}_3$ ;  $\text{BF}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}_2$  etc.

**3. Homolíticas.** Son aquellas en las cuales el reactivo atacante es un radical libre de los indicados anteriormente, como es el caso de los:  $\text{C}_6\text{H}_5^\cdot$ ,  $^\cdot\text{CH}_3$ , etc.

**B) SEGÚN EL TIPO DE PROCESO QUE TIENE LUGAR** las reacciones orgánicas podemos clasificarlas en

**1. Sustitución:** Son aquellas en las cuales un átomo o grupo de átomos del sustrato es desplazado por el reactivo.

Según sea este reactivo, tendremos los distintos tipos de reacciones de sustitución.

a) Sustitución homolítica.- Cuando el reactivo sustituyente es un radical:



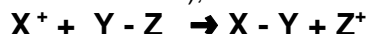
en la que tanto X como Y o Z se refieren a átomos o grupos de átomos.

b) Sustitución Nucleófila.- Cuando el sustituyente es un reactivo nucleófilo (reactivo que puede ceder un par de electrones)

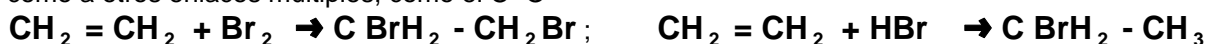


En su desarrollo normalmente se forma un ión carbonio intermedio.

c) Sustitución electrófila.- Cuando el sustituyente es un reactivo electrófilo (reactivo que puede aceptar un par de electrones); también suele formarse un carbanión intermedio:



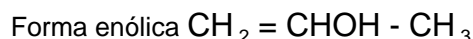
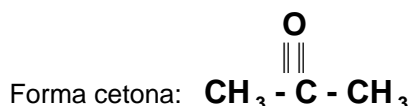
**2. Adición:** Este tipo de reacciones es característico de los dobles y triples enlaces. En ellas se produce una ruptura de enlace  $\pi$  adicionándose a la molécula un átomo o grupo de átomos. En estos tipos de reacciones la molécula reaccionante gana dos átomos o grupos de átomos, procedentes del reactivo, obteniéndose moléculas con mayor grado de saturación. La adición puede producirse tanto a los enlaces  $\text{C}=\text{C}$  como a otros enlaces múltiples, como el  $\text{C}=\text{O}$



**3. Eliminación:** Estas reacciones consisten en la eliminación de dos átomos o grupos de átomos de la molécula reaccionante, formándose generalmente dobles enlaces o compuestos cíclicos. Podemos considerarlas como un proceso inverso a las reacciones de adición. Estas reacciones suelen ser catalizadas por ácidos o por bases. La deshidratación de alcoholes Por el ácido sulfúrico u otro deshidratante es un ejemplo típico,



**4., Trasposición:** Son aquellas reacciones en las que la molécula orgánica sufre una reestructuración molecular, modificándose los enlaces y/o la posición de los diferentes átomos que componen la molécula debido sobre todo a la acción de catalizadores apropiados o a acción de la luz. Así, es frecuente en el grupo carbonilo en el cual un átomo de hidrógeno modifica su posición (tautomería cetoenólica):



## PROBLEMAS Y EJERCICIOS

1º - a) Indicar la reacción que tiene lugar cuando a un mol de propino se le adiciona un mol de los siguientes compuestos:  $\text{Br}_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . b) Nombrar los productos obtenidos. ( SELECTIVIDAD - JUNIO 2003 - QUÍMICA)

2º - La gasolina es una mezcla de hidrocarburos entre los que se encuentra el octano.

A) Escriba la reacción ajustada para la combustión del octano

b) Formule y nombre todos los hidrocarburos que contengan tres átomos de carbono ((Selectividad - Junio 2005) )

- 3º - Escribir y nombrar un ejemplo de cada uno de los siguientes compuestos orgánicos: a) alquino, b) alcohol aromático, c) éster, d) amida.
- 4º - Indique el nombre y grupo funcional de los compuestos que responden a las siguientes fórmulas moleculares: A)  $\text{CH}_4\text{O}$  ; B)  $\text{CH}_2\text{O}$  ; C)  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  ; D)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  (SELECTIVIDAD SEPT05)
- 5º - Dado un compuesto de fórmula  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$   
a) Nómbralo e indique el tipo de hibridación que puede asignarse a cada átomo de carbono.  
b) Formule y nombre 3 isómeros de posición del compuesto anterior (Selectiv CyL Sept 2006)
- 6º - Escriba las fórmulas y nombre todos los isómeros de fórmula empírica  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ .
- 7º - Escribir y nombrar los tres isómeros posibles de fórmula molecular  $\text{C}_5\text{H}_{12}$
- 8º - Justifique cuáles de los siguientes compuestos pueden presentar isomería cis-trans:  
a)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{OH}$  ; b)  $(\text{CH}_3)_2 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$  ; c)  $\text{ClCH} = \text{CHCl}$
- 9º - Ponga un ejemplo de cada uno de los tipos de reacciones orgánicas siguientes:  
a) Adición.  
b) Eliminación.  
c) Sustitución.  
Formule y nombre los reactivos y los productos de reacción. (Selectividad junio 2006)
- 10º - Escriba la fórmula de los siguientes compuestos orgánicos:  
a) Ácido 2-aminopropanoico  
b) 3-ciclohexenona  
c) 3-cloro-1-buteno . Formule y nombre al menos tres isómeros de posición de este compuesto
- 11º - Indique si cada una de las siguientes afirmaciones es verdadera o falsa y justifique las respuestas formulando la reacción a que se alude:  
A) El doble enlace de un alqueno puede incorporar hidrógeno y convertirse en un alcano  
B) La reducción de un grupo funcional aldehído conduce a un grupo ácido  
C) Las aminas son compuestos básicos  
D) La deshidratación del etanol por acción del ácido sulfúrico produce etano
- 12º - Un hidrocarburo A conteniendo un solo doble enlace, da por oxidación con  $\text{KMnO}_4$  acetona y un ácido monocarboxílico B cuya masa molecular es 74 y contiene un 48,64% de carbono. Se pide: Determinar (formulando y nombrando) A y B. (Datos: Masas atómicas: C = 12,0 ; H = 1,0 ; O = 16,0 )