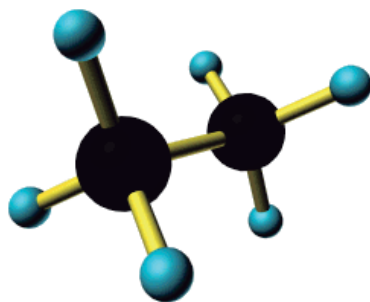


Tema 09

Química del Carbono



IES Padre Manjón
Diego Navarrete Martínez
Eduardo Eisman Molina

1.- Química del Carbono.

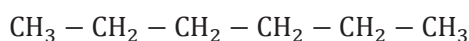
1.1.- El átomo de carbono.

- En los compuestos orgánicos, junto al carbono, los elementos que con mayor frecuencia intervienen en su constitución son: el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno. También forman parte de los mismos, aunque con menor frecuencia, los halógenos, el azufre, el fósforo, el silicio y el boro, y en algunas ocasiones metales como el sodio, calcio o cinc.
- **Características que muestra el átomo de carbono:**
- **Electronegatividad 2,5:** intermedia entre el cesio (0,7) y la del flúor (4,0), que permite al átomo de carbono combinarse con elementos muy diferentes de la tabla periódica.
- El carbono forma enlaces covalentes con muchos átomos, como H, O, N, S, F, Cl, Br, I y As.
- **Tetravalencia:** el carbono pertenece al grupo 14 de la tabla periódica (carbonoideos).
- Su configuración electrónica es: $1s^2 2s^2 p_x^1 p_y^1$
- De acuerdo con esta configuración, el carbono presenta covalencia dos; sin embargo en la mayoría de las ocasiones manifiesta covalencia cuatro.
- La tetravalencia del carbono se debe a que un electrón salta de un orbital 2s a un orbital 2p.
 $1s^2 2s^1 p_x^1 p_y^1 p_z^1$
- De esta manera, el átomo de carbono tiene cuatro electrones desapareados para formar enlaces covalentes con otros átomos de carbono, o átomos de otros elementos químicos formando enlaces simples, dobles o triples.
- 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)

1.- Química del Carbono.

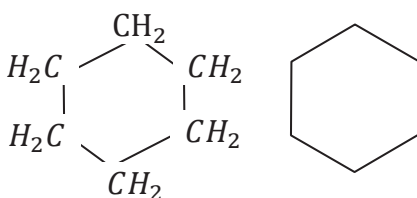
1.1.- Cadenas carbonadas

- El enorme conjunto de los compuestos orgánicos se puede estudiar atendiendo a la forma que presenta la cadena de carbono (esqueleto carbonado).
- Los enlaces carbono-carbono pueden originar moléculas con cadenas abiertas o cerradas.
- Los compuestos con un esqueleto carbonado en forma de **cadena abierta se denominan alifáticos o acíclicos.**



Cadena abierta: hexano

- Los compuestos con un esqueleto carbonado de **cadena cerrada se denominan cíclicos.**
- Estos pueden ser de dos clases: alicíclicos y aromáticos.
- Los compuestos alifáticos se diferencian de los **alícíclicos** en que estos últimos presentan la cadena cerrada.

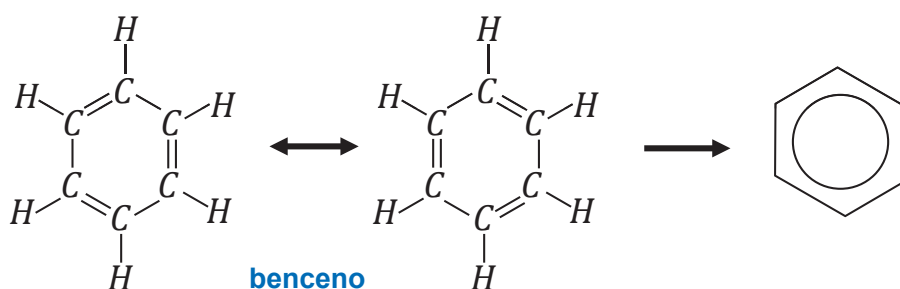


Cadena cerrada: ciclohexano

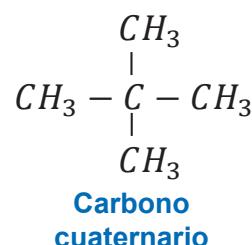
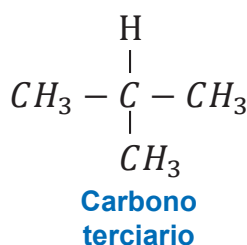
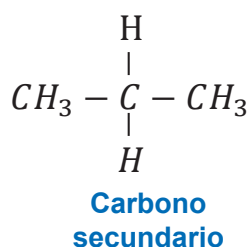
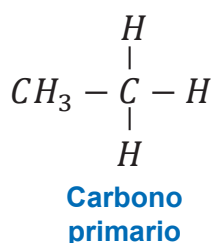
1.- Química del Carbono.

1.1.- Cadenas carbonadas

- Los compuestos **aromáticos**, sin embargo, presentan estructuras especiales. Se consideran derivados del benceno.



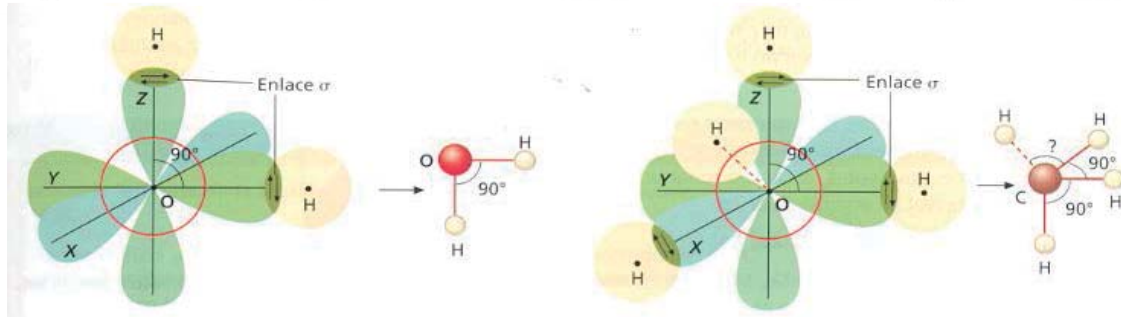
- Los compuestos alifáticos y los cíclicos pueden presentar ramificaciones en sus estructuras.
- Cuando un carbono está unido a un solo átomo de carbono, es un **carbono primario**; cuando está unido a dos átomos de carbono, es un **carbono secundario**; es **terciario** si está ligado a tres carbonos y **cuaternario** cuando se encuentra unido a cuatro.



1.- Química del Carbono.

1.2.- Hibridación de orbitales atómicos.

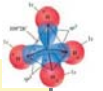
- Según la teoría del E.V., un enlace covalente se forma cuando se solapan dos orbitales, cada uno de ellos con un electrón desapareado, y con espines opuestos.
- Como los orbitales atómicos son direccionales, los enlaces químicos deben ser también direccionales. La dirección del enlace formado será aquella en la que el solapamiento entre los dos orbitales atómicos sea mayor.
- **Según dicha teoría estas serían las estructuras de las moléculas de agua y de metano:**



- Sin embargo, se comprueba experimentalmente que:
- **Los enlaces en la molécula de agua presentan un ángulo de 104,5°**
- **Los cuatro enlaces del metano son equivalentes, y el ángulo de enlace es de 109° 28'.**

¿Cómo podemos explicar estos hechos?

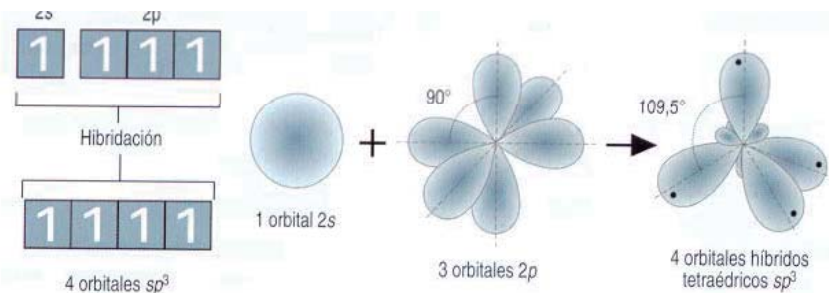
- **La hibridación** es el proceso mediante el cual los orbitales atómicos de un átomo se combinan para dar lugar a otros nuevos, **orbitales híbridos**, de modo que en los enlaces se favorezca el máximo solapamiento y se minimice la energía.



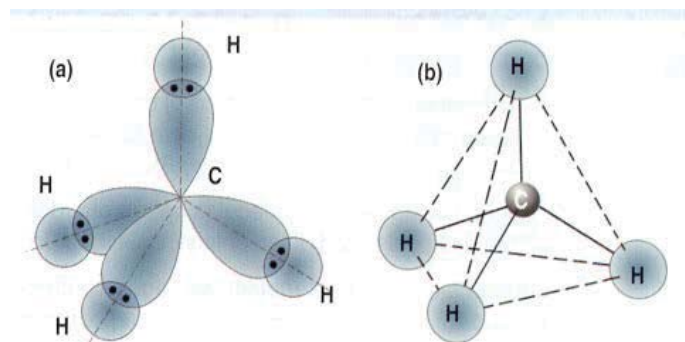
1.- Química del Carbono.

1.2.- Enlace simple C – C: Hibridación sp³.

- La hibridación de un orbital s y tres orbitales p produce cuatro orbitales híbridos sp³.
- Los orbitales sp³ están dirigidos hacia los vértices de un tetraedro regular, formando entre sí ángulos de 109,5°.



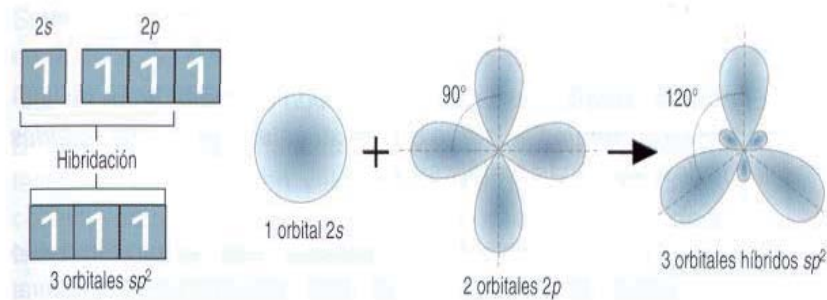
- **Molécula de metano, CH₄**
- Contiene cuatro enlaces C – H exactamente iguales que forman entre sí ángulos de 109° 28'.
- Los cuatro orbitales atómicos puros, uno s y tres p, se combinan entre sí y forman cuatro orbitales idénticos en forma y energía denominados **orbitales híbridos sp³**.
- Cada hidrógeno se solapa frontalmente, enlace tipo σ, con uno de los orbitales híbridos.



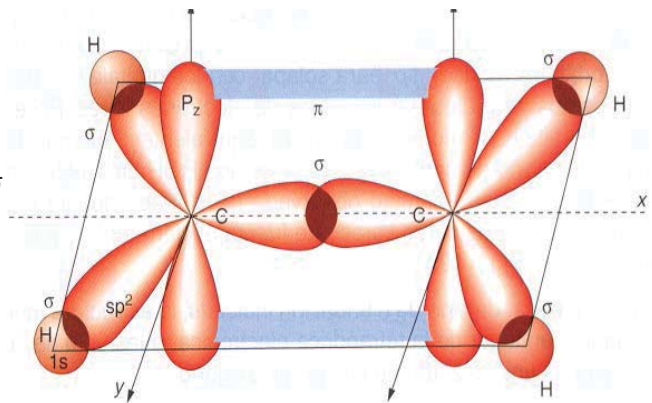
1.- Química del Carbono.

1.2.- Enlace doble C = C: Hibridación sp^2

- Cuando se combinan un orbital s con dos orbitales p se forman tres orbitales híbridos sp^2 .
- Los nuevos orbitales están situados en un mismo plano y forman entre sí ángulos de 120° .
- Se mantiene un orbital p sin hibridar.



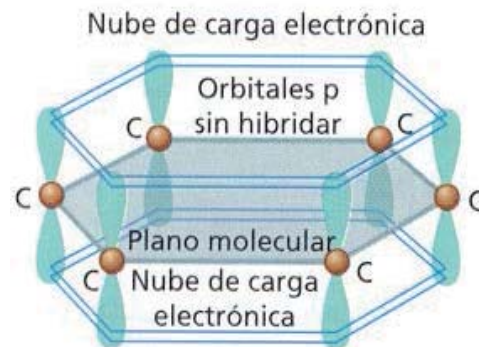
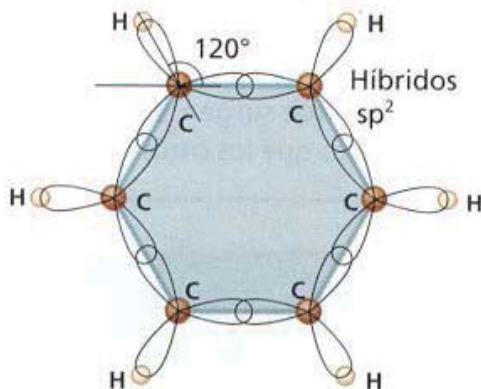
- **Molécula de eteno ($CH_2 = CH_2$):** a partir de un orbital atómico uno s y dos p, se forman tres orbitales híbridos sp^2 , cada uno de los tres orbitales híbridos formados contiene un electrón desapareado, que forman enlaces σ con los orbitales 1s de los dos átomos de hidrógeno y con el átomo de carbono.
- El cuarto electrón se halla en un orbital 2p puro, perpendicular al plano formado por los orbitales híbridos, dando lugar a un enlace π . Enlace doble del carbono (C = C).



1.- Química del Carbono.

1.2.- Molécula de Benceno. Hibridación sp^2

- Podemos explicar, usando la teoría de la hibridación, la molécula de benceno.
- La geometría de la molécula de C_6H_6 es la de un hexágono regular; además es plana. En el plano molecular, cada C presenta **hibridación sp^2** de los cuatro orbitales de valencia del C, sólo se hibridan tres y el cuarto permanece sin hibridar.

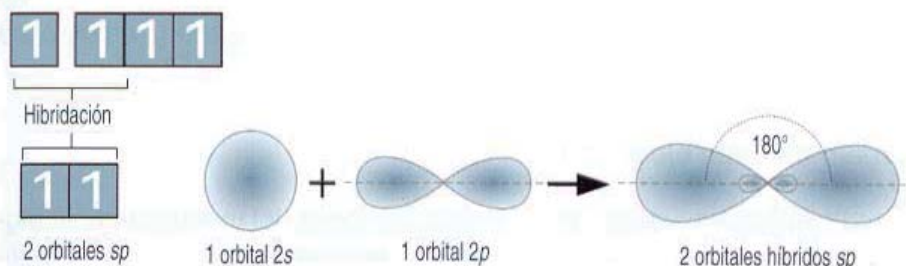


- Los orbitales híbridos se dirigen hacia los vértices de un triángulo equilátero formando ángulos de 120° .
- Cada orbital híbrido se enlaza con sus carbonos vecinos y con cada uno de los hidrógenos, mediante solapamiento frontal σ .
- **Los orbitales no hibridados, perpendiculares al plano de la molécula, se enlazan entre sí mediante solapamiento π ; esto genera una nube de densidad electrónica por encima y por debajo del plano molecular, que ofrece una gran estabilidad a toda la molécula.**

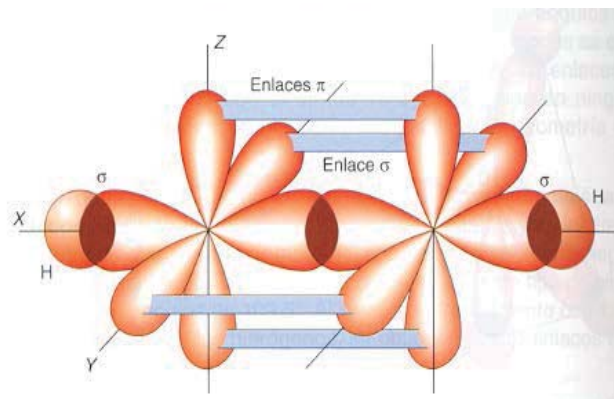
1.- Química del Carbono.

1.2.- Enlace triple $C \equiv C$. Hibridación sp .

- Los orbitales sp se forman por combinación de un orbital s con uno p .
- Los nuevos orbitales son lineales, por lo que forman un ángulo de 180° .
- En cada átomo se mantienen dos orbitales sin hibridar.



- En los compuestos orgánicos con triple enlace como el **acetileno ($HC \equiv CH$)** los carbonos presentan hibridación sp ,
- Se solapan frontalmente mediante enlace σ y lateralmente mediante dos enlaces π , (dos orbitales p sin hibridar, cada uno con un electrón desapareado, para crear el triple enlace).
- Los hidrógenos se unen, a cada carbono, mediante enlaces σ . La orientación espacial será la lineal (ángulos de 180°).



2.- Fórmulas desarrolladas. Isomería.

- El tipo y el número de átomos que hay en un determinado compuesto orgánico, al igual que en los compuestos inorgánicos, se indican mediante su fórmula empírica o fórmula molecular.

- **Fórmula empírica** de un compuesto expresa la composición cualitativa y la relación que hay entre los átomos de que contiene la molécula.
- **Fórmula molecular** indica, además, el número de átomos que hay en la molécula.
- Las fórmulas empíricas y moleculares de los compuestos orgánicos se establecen a partir de las leyes ponderales y de la teoría atómico-molecular.
- Aunque, desde un principio, esta tarea resultó ardua, debido a:
 - El elevado número de átomos que puede contener una molécula.
 - La poca (o nula) variación de la composición centesimal de un elemento que hay de un compuesto a otro.
- El análisis cuantitativo demuestra que existen compuestos orgánicos con la misma fórmula molecular, pero que, sin embargo, presentan distintas propiedades. Para explicar este hecho no basta con la fórmula molecular para identificar un compuesto, por lo que para hacerlo debemos recurrir a la diferente distribución espacial de los enlaces que presentan las moléculas. En estos casos, para mostrar las diferentes estructuras se utilizan las fórmulas estructurales, que pueden ser:

2.- Fórmulas desarrolladas. Isomería.

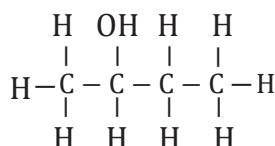
• Fórmulas semidesarrolladas o condensadas.

- En ellas se representan los enlaces carbono-carbono existentes en las moléculas.
- Por ejemplo, la fórmula semidesarrollada del 2-butanol es:

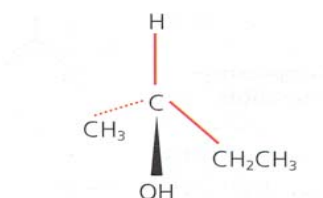


• Fórmulas desarrolladas o expandidas.

- En ellas se representan todos los enlaces entre los átomos que forman las moléculas.
- A su vez las fórmulas desarrolladas pueden ser de:



Proyección plana del 2-butanol



Proyección espacial del 2-butanol

- **Proyección plana:** en las que se representan todos los enlaces en el plano.
- **Proyección espacial:** en las que se representan las direcciones de los enlaces en el espacio.
- En la figura de la derecha vemos la proyección de Fischer del 2-butanol.
- En ella los trazos continuos indican los enlaces situados en el plano del papel, el trazo discontinuo señala un enlace dirigido hacia dentro del papel, y el trazo triangular, el enlace dirigido hacia fuera del papel.

2.- Fórmulas desarrolladas. Isomería.

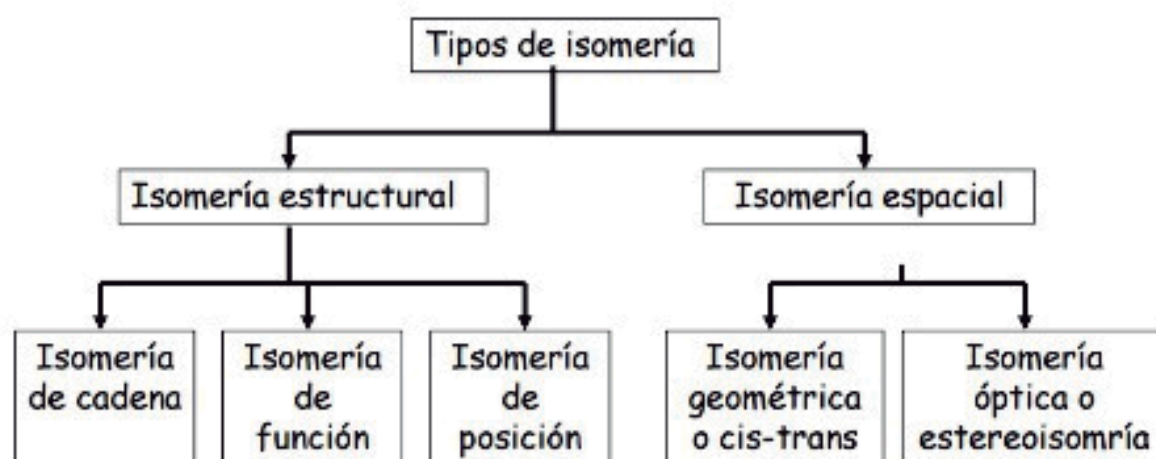
2.1.- Grupo funcional

- El estudio de los compuestos orgánicos se simplifica considerando la existencia de ciertos átomos o grupos de átomos que confieren a las moléculas que los contienen un comportamiento químico análogo.
- **Los átomos o conjuntos de átomos que dan a una molécula unas propiedades características y determinadas, se denominan grupos funcionales.**
- **Al grupo funcional – OH** están unidas las propiedades de los alcoholes.
- **Al grupo funcional – COOH** están unidas las propiedades de los ácidos carboxílicos.
- Los compuestos que tienen el mismo grupo funcional y distinto número de átomos de carbono constituyen los que llamamos una **serie homóloga**.
- La ordenación de los compuestos orgánicos, según el grupo funcional que contengan, permite:
 - Establecer unas normas de formulación y nomenclatura.
 - Reducir el estudio del comportamiento químico de todos los compuestos orgánicos al comportamiento de los distintos grupos funcionales.
- Los compuestos de una serie homóloga mantienen las propiedades características de la función a la que pertenecen; sin embargo, las propiedades físicas varían de unos compuestos a otros, puesto que también influye el resto de la cadena carbonada, llamado **radical**.

2.- Fórmulas desarrolladas. Isomería.

2.2.- Isomería.

- La existencia de moléculas orgánicas que tienen idénticas fórmulas moleculares, pero que poseen diferentes propiedades físicas y químicas, se conoce como **isomería**.
- Los compuestos que manifiestan estas características reciben el nombre de **isómeros**.
- La diferencia en las propiedades de los isómeros se debe a la distinta distribución de los átomos en las moléculas.
- Los isómeros tienen, por tanto, distinta fórmula estructural y dos compuestos isómeros pueden presentar distintos tipos de isomería: plana, espacial u óptica.



2.- Fórmulas desarrolladas. Isomería.

2.2.- Isomería plana.

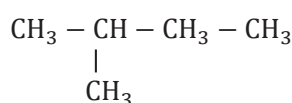
- Presentan isomería plana aquellos compuestos que con sólo fórmulas desarrolladas en el plano pueden explicar sus diferencias estructurales.
- Dentro de la isomería plana podemos distinguir distintos tipos:

- **Isómeros de cadena.**

- Poseen igual fórmula molecular, igual función química pero diferente estructura en la cadena hidrocarbonada.



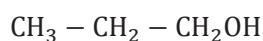
n - pentano



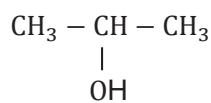
metilbutano

- **Isómeros de posición.**

- Tienen la misma cadena y el mismo grupo funcional, pero difieren en la posición en la que está localizado dicho grupo.



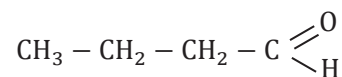
1-propanol



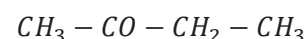
2-propanol

- **Isómeros de función.**

- Se da en aquellos compuestos que tienen la misma fórmula molecular, pero distinto grupo funcional.



butanal



butanona

- Ambas moléculas tienen la misma fórmula (C_5H_{12}), pero sus estructuras y propiedades son distintas.

- Las moléculas de 1-propanol y 2-propanol tienen el grupo funcional (-OH) situado en posiciones diferentes.

- Butanal y butanona son cadenas lineales de cuatro carbonos, una posee un grupo funcional aldehído y la otra, un grupo cetónico.

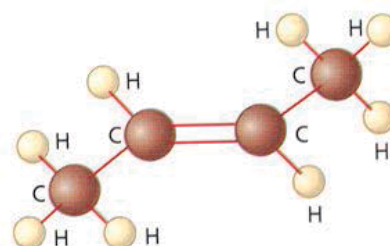
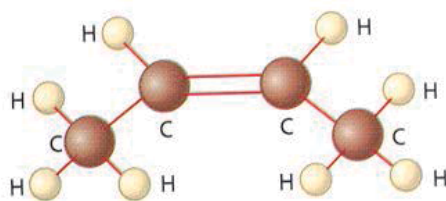
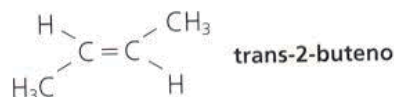
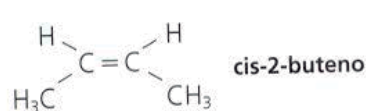
2.- Fórmulas desarrolladas. Isomería.

2.2.- Isomería espacial o estereoisomería.

- Presentan estereoisomería aquellos compuestos que se diferencian únicamente en la disposición espacial de sus átomos.
- Estos compuestos necesitan fórmulas desarrolladas en el espacio para explicar sus diferencias estructurales. Dentro de la isomería espacial podemos distinguir dos tipos:

• Isomería geométrica.

- Es característica de compuestos orgánicos que poseen dos átomos de carbono unidos por un doble enlace, y que, a su vez, tienen dos sustituyentes idénticos.
- Estos sustituyentes pueden estar situados al mismo lado del doble enlace (*cis*) o en lados opuestos (*trans*). Así, por ejemplo, el 2-buteno presenta dos isómeros geométricos:



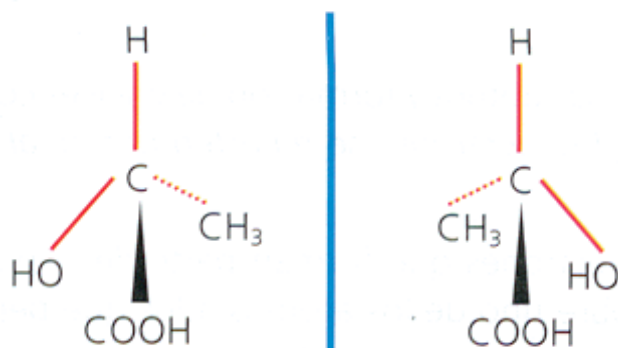
- **Los isómeros «cis» y «trans» no son convertibles entre sí**, porque carecen de libre rotación en torno al doble enlace.
- La isomería geométrica se denomina también isomería *cis-trans*.

2.- Fórmulas desarrolladas. Isomería.

2.2.- Isomería espacial o estereoisomería.

• Isomería óptica.

- La isomería óptica es característica de aquellos compuestos orgánicos que se diferencian únicamente en su comportamiento frente a la luz polarizada.



Enantiómeros del ácido láctico.

- **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 (-)**.

- La isomería óptica suele presentarse en aquellos compuestos que poseen uno o más átomos de carbono asimétricos.
- Un carbono asimétrico o quiral es aquel que posee los cuatro sustituyentes distintos.

- El ácido láctico (ácido 2-hidroxiopropanoico), presenta dos isómeros cuyas estructuras superpuestas no coinciden; **son como un objeto y su imagen en el espejo**.
- Una mezcla equimolecular de dos enantiómeros, llamada mezcla racémica, no tiene actividad óptica. Un enantiómero compensa la desviación del plano de la luz producida por el otro.

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

- **Las reacciones orgánicas** se producen mediante una ruptura inicial de enlaces covalentes y posterior formación de nuevos enlaces covalentes.
- Por ello, las reacciones entre compuestos orgánicos tienen, en general, las siguientes características:

1. **Son lentas:** debido al alto valor de la energía de enlace carbono-carbono; para hacerlas más rápidas se utilizan catalizadores.
2. **Frecuentemente tienen bajos rendimientos:** ya que en sus moléculas suele haber enlaces iguales, o de energía parecida. Por ello, cuando tiene lugar la reacción, el ataque no se produce en un enlace concreto, sino que ocurre sobre varios enlaces a la vez.

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

• 3.1.- Rupturas de enlaces.

- En una reacción orgánica tiene lugar la ruptura y formación de enlaces covalentes, pero cuando un enlace se rompe, los electrones que forman parte de él pueden repartirse por igual, o permanecer sobre uno de los átomos a los que pertenecen:

- **La ruptura de un enlace es homolítica** cuando cada uno de los átomos que forman el enlace conserva el electrón que aportó inicialmente:



- Se obtienen dos especies químicas eléctricamente neutras, llamadas radicales libres, que presentan gran reactividad química, como consecuencia de sus electrones desapareados.
- Estas reacciones reciben el nombre de **reacciones homolíticas o radicalarias**.

- **La ruptura de un enlace es heterolítica** cuando uno de los átomos se queda con el par de electrones que forman el enlace covalente. En este caso pueden formarse dos iones:



- Cuando el carbono queda con una carga positiva, se denomina ion carbonio o carbocatión; mientras que si queda con una carga negativa, se llama carbanión.
- Estas reacciones reciben el nombre de **reacciones heterolíticas**.
- Cuando los átomos que están enlazados presentan diferente electronegatividad, el enlace es polar y la ruptura suele ser heterolítica.
- Si no presentan una gran diferencia de electronegatividad, el enlace no tiene carácter polar y la ruptura suele ser homolítica.

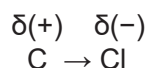
3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

• 3.2.- Efectos electrónicos.

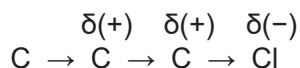
- Cuando en un compuesto orgánico los átomos que participan en un enlace covalente poseen distinta electronegatividad, se produce un desplazamiento permanente de los electrones del enlace hacia el átomo más electronegativo.
- Este hecho tiene gran importancia, puesto que nos permitirá, una vez conocidas las zonas de mayor o menor densidad de carga, predecir el tipo de reactivo atacante.

• Efecto inductivo:

- El desplazamiento permanente de los electrones de un enlace σ hacia el átomo más electronegativo recibe el nombre de efecto inductivo.
- En el enlace C – C del etano, $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$, los dos electrones de enlace están igualmente atraídos por cada uno de los núcleos.
- Por el contrario, en el enlace C – Cl del cloroetano, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Cl}$, el cloro atrae hacia sí los electrones del enlace, al ser más electronegativo que el carbono; de esta forma, se produce un dipolo eléctrico:



- La distribución de carga positiva sobre el átomo de carbono influye sobre los átomos vecinos:



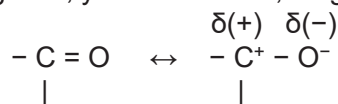
- El desplazamiento electrónico en el efecto inductivo se representa por una flecha (\rightarrow)
- Los electrones del enlace C – C estarán atraídos por la distribución de carga positiva creada sobre el átomo de carbono unido al cloro.
- El efecto inductivo se transmite a lo largo de la cadena carbonada, aunque disminuye rápidamente con la distancia al átomo causante del desplazamiento electrónico.

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

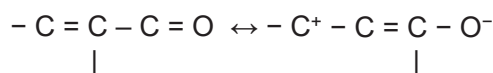
• 3.2.- Efectos electrónicos.

• Efecto mesómero:

- El desplazamiento permanente de los electrones de los enlaces π hacia alguno de los átomos enlazados recibe el nombre de efecto mesómero.
- Actúan como grupos aceptores aquellos átomos que tienen una electronegatividad superior a la del carbono.
- Como resultado de esta polarización, se obtiene una estructura que es un híbrido de resonancia entre otras distintas.
- En el caso del grupo carbonilo la polarización del enlace π hace que el átomo de oxígeno adquiera cierta carga parcial negativa, y el de carbono, carga parcial positiva.



- El efecto mesómero es más importante que el efecto inductivo, ya que actúa sobre electrones más deslocalizados (electrones que forman parte del enlace π).
- Se transmite a lo largo de la cadena, al igual que el efecto inductivo; sin embargo, alcanza distancias mayores, sobre todo cuando las moléculas contienen dobles enlaces conjugados.



- El desplazamiento electrónico que se produce en el efecto mesómero se representa por una flecha curva.

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

3.3.- Tipos de reactivos.

- Cuando se produce la ruptura de un enlace en un compuesto orgánico, no tiene lugar por sí sola, sino porque algo la provoca, ya sea algún tipo de energía o algún reactivo en unas condiciones determinadas.
- Los reactivos que provocan las rupturas de enlaces pueden ser de tres tipos: **nucleófilos, electrófilos y homolíticos.**
- **Los reactivos nucleófilos** son especies químicas que pueden ceder un par de electrones, ya que poseen pares de electrones sin compartir.
- Todos son bases de Lewis. Pertenecen a este grupo los halogenuros, OH⁻, CN⁻, NH₃, H₂O, R – OH, etc.
- Las reacciones en las que intervienen se llaman reacciones nucleofílicas.
- **Los reactivos electrófilos** son especies químicas que pueden aceptar un par de electrones, ya que poseen orbitales vacíos.
- Todos son ácidos de Lewis. Pertenecen a este grupo, ácidos inorgánicos, H⁺, SO₃, AlCl₃, BF₃, Cl₂, etc.
- Las reacciones en las que intervienen se llaman reacciones electrofílicas.
- **Los reactivos homolíticos** son especies químicas que poseen un electrón desapareado, como por ejemplo CH₃·, Cl·, H·, etc.

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

3.4.- Tipos de reacciones orgánicas.

1.- Reacciones de sustitución.

- De acuerdo con el proceso que tiene lugar entre reactivos y productos, las reacciones orgánicas se clasifican en reacciones de sustitución, de adición o de eliminación.
- **Reacciones de sustitución.**
- Son las reacciones en las que un átomo o grupo de átomos de un reactivo se introduce en la cadena carbonada del sustrato reemplazando a alguno de los átomos unidos al carbono.
- Es decir:
$$R - X + Y \rightarrow R - Y + X$$
- Según la naturaleza del reactivo atacante: **homolíticas o heterolíticas.**
- Estas últimas pueden ser a su vez **nucleofílicas o heterofílicas.**

1.- Los alcanos reemplazan uno o más átomos de hidrógeno por átomos de halógeno, grupos NO₂, HSO₃, etc.

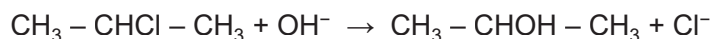
- La halogenación da lugar a los halogenuros de alquilo, útiles como disolventes y como productos intermedios de síntesis.
- Por ejemplo, el metano, en presencia de exceso de Cl₂, produce las siguientes reacciones consecutivas, dando lugar a una mezcla de productos.
- Se trata de una reacción de **sustitución homolítica** en cadena mediante la intervención de radicales libres.
- CH₄ (g) + Cl₂ (g) → CH₃Cl (g) + HCl (g) CH₃Cl (g) + Cl₂ (g) → CH₂Cl₂ (g) + HCl (g)
- CH₂Cl₂ (g) + Cl₂ (g) → CHCl₃ (g) + HCl (g) CHCl₃ (g) + Cl₂ (g) → CCl₄ (g) + HCl (g)

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

1.- Reacciones de sustitución.

2.- Otro caso de sustitución nucleofílica

- Transformación de derivados halogenados en alcoholes. Así los halogenuros de alquilo en presencia de una base en disolución acuosa dan lugar a la formación de alcoholes.



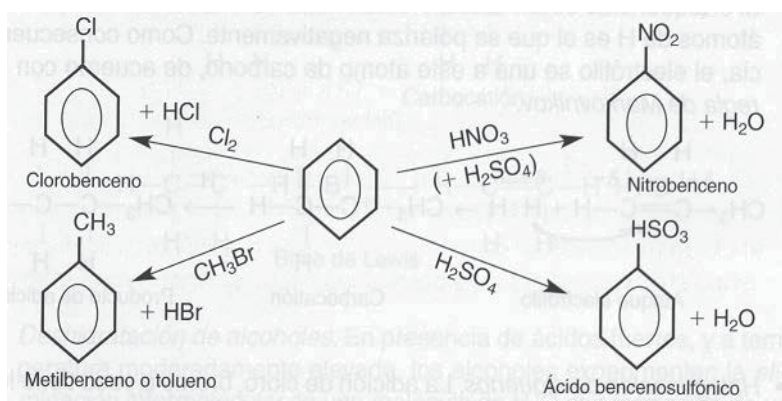
3.- Preparación de alcanos en el laboratorio mediante la síntesis de Wutz.

- Reacción de halogenuros de alquilo con sodio, para obtener un alcano. Así, mediante la reacción entre el yoduro de etilo y el sodio metálico puede obtenerse butano.



4.- Alquilación, halogenación, nitración, etc. de hidrocarburos aromáticos.

- Ejemplos de reacciones de sustitución electrófila.



- A partir de un reactivo XY se origina un grupo electrófilo Y^+ que sustituye a un átomo de hidrógeno polarizado positivamente.
- Orbitales π del benceno presentan una gran densidad de carga negativa.
- Cloración, nitración, alquilación y sulfonación del benceno producen los derivados de sustitución que aparecen a la izquierda.

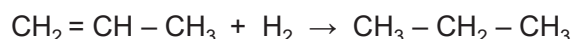
3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

2.- Reacciones de adición.

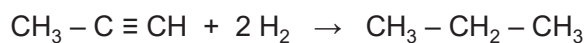
- Las reacciones de adición se dan en sustancias que contienen enlaces múltiples.
- En ellas se rompe un enlace doble o triple entre dos átomos, y se unen a ellos otros átomos o grupos de átomos, mediante enlaces más sencillos.
- Las reacciones de adición pueden ser **homolíticas o heterolíticas**.
- Estas últimas pueden ser a su vez electrófilicas o nucleofílicas. Vamos a ver algunos casos importantes de reacciones de adición.

1.- Hidrogenación.

- Los alquenos adicionan hidrógeno al doble enlace en presencia de catalizadores metálicos, como Ni, Co y Pt:



- La hidrogenación de alquinos puede dar lugar a alcanos o alquenos, según las condiciones bajo las que se realice:



2.- Hidratación.

- El agua se adiciona a los alquenos más reactivos, en presencia de ácidos como el sulfúrico, para dar alcoholes. Esta adición sigue también la regla de Markovnikov:

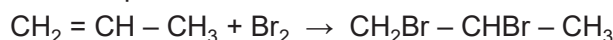


3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

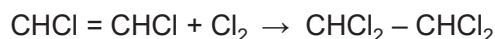
2.- Reacciones de adición.

3.- Halogenación.

- Los alquenos pueden adicionar bromo o cloro al doble enlace, transformándose en derivados dihalogenados.
- La reacción se lleva a cabo en presencia de un disolvente inerte, como tetracloruro de carbono:



- Los alquinos pueden adicionar una o dos moléculas del halógeno correspondiente, dependiendo de las proporciones:



4.- Adición de halogenuros de hidrógeno.

- Los alquenos adicionan con facilidad hidrácidos sobre el doble enlace:



- La adición se realiza según la **regla empírica de Markovnikov**: «el hidrógeno del ácido se une al átomo de carbono que ya tiene el mayor número de hidrógenos, mientras que el anión se une al carbono más sustituido».

- Los alquinos, al igual que los alquenos, adicionan hidrácidos según la regla de Markovnikov:



3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

3.- Reacciones de eliminación.

- Las reacciones de eliminación son aquellas en las que las moléculas de sustrato pierden dos átomos o grupos atómicos enlazados a dos átomos de carbono adyacentes formándose entre éstos un enlace π .
- Representan el proceso contrario a las reacciones de adición.

- 1.- Los derivados halogenados producen alquenos, en presencia de una base disuelta en alcohol:



- La reacción de eliminación nucleofílica suele ir acompañada de la reacción de sustitución y viceversa.

2.- Deshidratación de alcoholes.

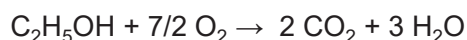
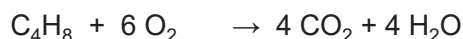
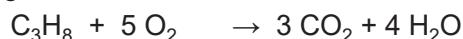
- Los alcoholes en caliente se deshidratan por la acción del ácido sulfúrico, dando lugar a olefinas o también a éteres, según las condiciones en que se produzca la reacción.
- Temperatura superior a 150° C: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Temperatura inferior a 150°C: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

4.- Otras reacciones importantes de los compuestos orgánicos

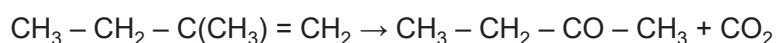
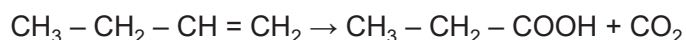
1.- Combustión.

- Los compuestos orgánicos arden en el aire, dando dióxido de carbono y agua.



2.- Oxidación de alquenos y alquinos.

- Las reacciones de oxidación de alquenos y alquinos tienen mucha importancia, porque permiten determinar la posición del doble o triple enlace en una cadena.
- Si la oxidación se lleva a cabo con KMnO_4 , los productos de reacción que se obtienen dependen del tipo de carbono que lleve el doble enlace; si se trata de un carbono primario, la oxidación llega a producir CO_2 y H_2O ; si es secundario, da un ácido carboxílico, y si es terciario, origina una cetona:



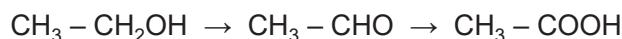
3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

4.- Otras reacciones importantes de los compuestos orgánicos

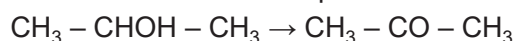
3.- Oxidación de alcoholes.

- Los alcoholes se oxidan con dicromato o permanganato de potasio en medio sulfúrico. Estas reacciones permiten distinguir si el alcohol es primario, secundario o terciario.

- Un alcohol primario** cuando se oxida, produce un aldehído, y a continuación, un ácido carboxílico:



- Un alcohol secundario**, bajo la acción de los mismos agentes oxidantes, da lugar a una cetona (que son muy estables frente a la acción de agentes oxidantes, y si se oxida, su molécula se rompe, dando lugar a una mezcla de ácidos carboxílicos, cada uno de ellos con menos átomos de carbono que la cetona inicial)



- Un alcohol terciario** no se oxida en condiciones normales; sólo lo hace ante oxidantes muy enérgicos, que rompen la cadena, originando moléculas más pequeñas.

3.- Reactividad de los compuestos orgánicos.

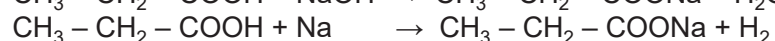
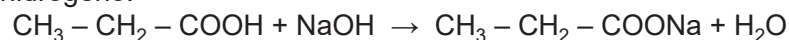
4.- Otras reacciones importantes de los compuestos orgánicos

4.- Reacciones de los ácidos carboxílicos.

- Los tipos de reacciones que sufren los ácidos carboxílicos vienen determinadas por la estructura del grupo carboxilo ($-\text{COOH}$), la densidad de carga positiva que aparece sobre el carbono hace que sea sensible al ataque de reactivos nucleófilos, dándose en él **reacciones de sustitución nucleofílica, en las que el grupo que se sustituye es el $-\text{OH}$.**

- **Ácido-base.**

- Los ácidos orgánicos reaccionan con las bases, tanto fuertes como débiles, con mucha rapidez, debido a su facilidad para donar iones H^+ , y con los metales, producen la sal correspondiente e hidrógeno:



- **Esterificación.**

- Los ácidos carboxílicos reaccionan con los alcoholes en medio ácido, dando lugar a ésteres. Esta reacción se llama esterificación y el proceso inverso, hidrólisis. La reacción es reversible y lenta; para alcanzar el equilibrio con mayor rapidez, se utilizan catalizadores ácidos o básicos:

