

SÍNTESIS QUÍMICA **QUÍMICA DEL CARBONO**

1.- Síntesis Química

La síntesis química es el proceso mediante el cual se obtiene una sustancia química a partir de otras sustancias más simples, llamadas reactivos, mediante una o varias reacciones químicas.

En otras palabras, consiste en transformar unas sustancias iniciales en un producto deseado controlando las condiciones de reacción, como la temperatura, la presión, el disolvente o la presencia de catalizadores.

En nivel de 2º de Bachillerato, la idea central es esta:

- Una síntesis química busca formar un compuesto concreto a partir de reactivos adecuados, siguiendo una ruta de reacción.
- **En química del carbono**, la síntesis química es el proceso por el que se prepara un compuesto orgánico a partir de otras sustancias, normalmente mediante una o varias reacciones sucesivas. Dicho de forma más precisa: consiste en construir una molécula orgánica transformando compuestos más simples mediante reacciones que forman, rompen o modifican enlaces covalentes, sobre todo enlaces C-C, C-H, C-O, C-N y C-X.

Idea clave en química del carbono:

- la síntesis no es solo “obtener un producto”, sino diseñar una ruta para transformar una molécula inicial en otra más compleja o con un grupo funcional distinto.

Ejemplo sencillo:

- si a partir de eteno se obtiene etanol, se ha realizado una síntesis orgánica, porque se ha transformado un compuesto del carbono en otro diferente mediante una reacción química.

Qué suele implicar en este tema:

- cambiar un grupo funcional, por ejemplo de alcohol a aldehído
- añadir átomos o grupos a la cadena carbonada
- formar moléculas más complejas a partir de otras más sencillas

Ejemplo muy típico: $CH_2=CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3-CH_2OH$

- Aquí se sintetiza etanol a partir de eteno

2.- Hibridación y Tipos

La hibridación en química del carbono es el proceso por el cual los orbitales atómicos del carbono se combinan entre sí para originar nuevos orbitales híbridos equivalentes, con una orientación espacial determinada, que explican la formación de enlaces y la geometría de las moléculas orgánicas.

- **En química del carbono**, esta idea es fundamental porque el carbono no forma siempre los mismos enlaces ni presenta siempre la misma disposición espacial. Según el tipo de enlace que establezca, puede presentar tres tipos principales de hibridación: sp^3 , sp^2 y sp .
- Este concepto es fundamental en química del carbono, ya que permite justificar por qué el átomo de carbono puede formar enlaces simples, dobles o triples y adoptar distintas disposiciones espaciales según el tipo de compuesto en el que se encuentre.
- En química orgánica, el carbono presenta principalmente tres tipos de hibridación:
- **Hibridación sp^3 :**
se produce cuando un orbital s y tres orbitales p se combinan para formar cuatro orbitales híbridos sp^3 equivalentes. Estos cuatro orbitales se orientan en el espacio hacia los vértices de un tetraedro, con ángulos aproximados de $109,5^\circ$. El carbono con hibridación sp^3 forma cuatro enlaces simples. Es el caso de los alcanos, como el metano, CH_4 .

- **Hibridación sp^2 :**

Se produce cuando un orbital s y dos orbitales p se combinan para formar tres orbitales híbridos sp^2 equivalentes. Queda un orbital p sin hibridar. Los tres orbitales sp^2 se disponen en un plano con ángulos de 120° , dando lugar a geometría trigonal plana. El orbital p no hibridado puede formar un enlace π . Por ello, esta hibridación aparece en carbonos con doble enlace, como en el eteno, $CH_2=CH_2$.

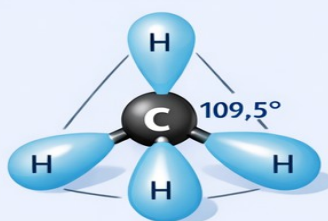
- **Hibridación sp :**

se produce cuando un orbital s y un orbital p se combinan para formar dos orbitales híbridos sp equivalentes, quedando dos orbitales p sin hibridar. Los dos orbitales sp se orientan en línea recta, con ángulo de 180° , por lo que la geometría es lineal. Los dos orbitales p no hibridados pueden formar dos enlaces π . Esta hibridación aparece en carbonos con triple enlace, como en el etino, $HC\equiv CH$.

Hibridación del Carbono

Hibridación sp^3

- 4 enlaces simples
- Geometría tetraédrica

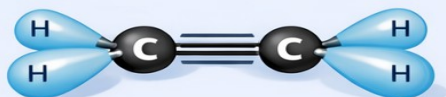


Orbitales sp^3

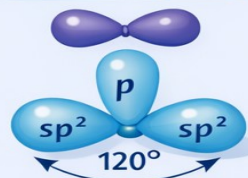


Hibridación sp^2

- 1 doble enlace
- Geometría trigonal plana



Orbitales $sp^2 + p$

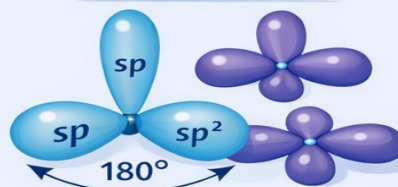


Hibridación sp

- 1 triple enlace
- Geometría lineal



Orbitales $sp + 2p$



Desde el punto de vista estructural, puede resumirse que:

- un carbono con solo enlaces simples presenta, en general, hibridación sp^3
- un carbono que forma un doble enlace presenta, en general, hibridación sp^2
- un carbono que forma un triple enlace presenta, en general, hibridación sp

3.- Isomería

- La isomería en química del carbono es el fenómeno por el cual dos o más compuestos distintos tienen la misma fórmula molecular, pero difieren en la disposición de sus átomos, ya sea en el modo en que están enlazados o en la orientación espacial de esos enlaces. Como consecuencia, aunque los isómeros tengan la misma composición global, presentan propiedades físicas y, en muchos casos, químicas diferentes.

Una definición académica adecuada sería esta:

- La isomería es la propiedad que presentan ciertos compuestos orgánicos de tener la misma fórmula molecular, pero distinta fórmula desarrollada o distinta disposición espacial de sus átomos, lo que origina sustancias diferentes.

Para entender bien la isomería, conviene distinguir dos grandes bloques:

- La isomería estructural o plana, en la que cambia la conectividad entre los átomos
- La estereoisomería o isomería espacial, en la que los átomos están enlazados en el mismo orden, pero ocupan una disposición distinta en el espacio.

3.1.- Isomería estructural o plana

En este tipo de isomería, los compuestos tienen la misma fórmula molecular, pero cambia la estructura del esqueleto o la posición de ciertos enlaces o grupos. Es decir, no están enlazados exactamente del mismo modo.

- Dentro de la isomería estructural, en 2º de Bachillerato suelen estudiarse tres tipos principales: **de cadena, de posición y de función.**

3.1.1.- Isomería de cadena

Se produce cuando los compuestos tienen la misma fórmula molecular y el mismo grupo funcional, pero difieren en la disposición de la cadena carbonada. Uno puede presentar cadena lineal y otro cadena ramificada, o bien distintas ramificaciones.

Ejemplo: C_4H_{10}

Puede corresponder a:

- **butano:** $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
- **2-metilpropano:** $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$
- Ambos tienen la misma fórmula molecular, C_4H_{10} , pero la cadena carbonada es diferente. Por eso son isómeros de cadena.

Idea clave:

- en la isomería de cadena cambia el esqueleto carbonado.

3.1.2.- Isomería de posición

Se produce cuando la cadena carbonada básica es la misma y también el grupo funcional es el mismo, pero cambia la posición de un sustituyente, de un doble enlace, de un triple enlace o del grupo funcional en la cadena.

Ejemplo con alcoholes: C_3H_8O

1-propanol $\rightarrow CH_3-CH_2-CH_2OH$

2-propanol $\rightarrow CH_3-CHOH-CH_3$

- Ambos son alcoholes y tienen la misma fórmula molecular, pero el grupo $-OH$ ocupa posiciones distintas.

Ejemplo con dobles enlaces: C_4H_8

1-buteno $\rightarrow CH_2=CH-CH_2-CH_3$

2-buteno $\rightarrow CH_3-CH=CH-CH_3$

- Aquí cambia la posición del doble enlace

Idea clave:

En la isomería de posición no cambia el tipo de grupo funcional, sino su localización o la de una insaturación o sustituyente.

3.1.3.- Isomería de función

Se produce cuando dos compuestos tienen la misma fórmula molecular, pero pertenecen a funciones químicas distintas, es decir, presentan grupos funcionales diferentes.

Ejemplo: C_2H_6O

etanol $\rightarrow CH_3-CH_2OH$ que es un alcohol

metoximetano $\rightarrow CH_3-O-CH_3$ que es un éter

- Los dos compuestos tienen la misma fórmula molecular, pero no pertenecen a la misma función química. Por ello son isómeros de función.

Otro ejemplo: C_3H_6O

propanal $\rightarrow CH_3-CH_2-CHO$ que es un aldehído

propanona $\rightarrow CH_3-CO-CH_3$ que es una cetona

Idea clave:

- En la isomería de función cambia el grupo funcional y, por tanto, cambia la familia orgánica.

3.2.- Estereoisomería o isomería espacial

En este caso, los compuestos tienen la misma fórmula molecular y la misma conectividad entre los átomos, pero difieren en la disposición espacial de esos átomos.

- Es decir, los átomos están unidos en el mismo orden, pero no ocupan la misma orientación en el espacio.
- En 2º de Bachillerato, los tipos más importantes son la isomería geométrica y la isomería óptica, aunque esta última a veces se trata de forma más básica.

3.2.1.- Isomería geométrica

La isomería geométrica aparece cuando existe una restricción al giro, normalmente debida a un doble enlace carbono-carbono o a una estructura cíclica. Como no puede producirse libre rotación, los grupos unidos a los carbonos del doble enlace pueden situarse de forma diferente en el espacio.

- Los términos más habituales son cis y trans, aunque de manera más rigurosa en cursos más avanzados también se usa la nomenclatura E/Z.
- Para que exista isomería geométrica en un alqueno, cada uno de los carbonos del doble enlace debe estar unido a dos sustituyentes distintos.

Ejemplo: 2-buteno $\rightarrow C_4H_8$

- cis-2-buteno: los grupos CH_3 están en el mismo lado del doble enlace
- trans-2-buteno: los grupos CH_3 están en lados opuestos
- Ambos compuestos tienen la misma fórmula molecular y la misma conectividad, pero diferente disposición espacial.

Importante:

La isomería geométrica surge por imposibilidad de giro libre y distinta orientación espacial respecto a un doble enlace o ciclo.

3.2.- Isomería óptica

La isomería óptica aparece cuando una molécula presenta al menos un carbono asimétrico o quiral, es decir, un carbono unido a cuatro sustituyentes diferentes.

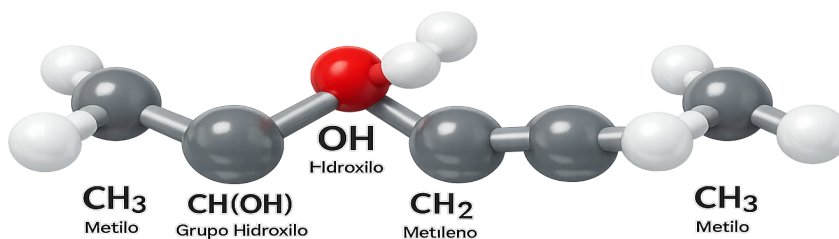
En ese caso pueden existir dos estructuras espaciales que son imagen especular una de otra y no pueden superponerse, como ocurre con la mano derecha y la mano izquierda. Estas dos formas se llaman enantiómeros.

Los enantiómeros tienen prácticamente las mismas propiedades físicas y químicas en medios no quirales, pero desvían el plano de la luz polarizada en sentidos opuestos.

Ejemplo típico:

ácido láctico $CH_3-CH(OH)-COOH$

2-butanol $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$



Idea clave:

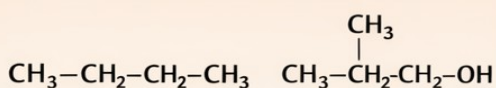
- la isomería óptica depende de la quiralidad molecular, normalmente asociada a carbonos asimétricos.

En 2º de Bachillerato, suele bastar con saber:

- qué es un carbono asimétrico
- que un carbono quiral debe estar unido a cuatro grupos distintos;
- que eso puede originar dos enantiómeros;
- y que estos son imágenes especulares no superponibles.

Isomería de Cadena

Misma fórmula molecular, diferente disposición de la cadena carbonada.

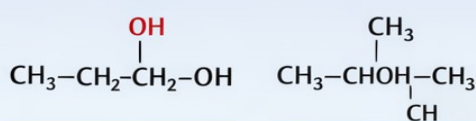


Cadena lineal

Cadena ramificada

Isomería de Posición

Misma fórmula molecular, diferente posición del grupo funcional o del doble enlace.



OH en el carbono 1

OH en el carbono 2

Isomería de Función

Misma fórmula molecular, diferente grupo funcional.



Alcohol

Éter

Isomería de Función

Misma fórmula molecular, diferente grupo funcional.

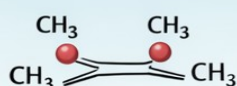


Alcohol

Éter

Isomería Geométrica

Misma fórmula molecular, distinta disposición especial en un doble enlace.



Grupos en el mismo lado



Grupos en lados opuestos

Isomería Óptica

Misma fórmula molecular, moléculas que son imágenes especulares no superponibles.



Imagen especular 1



Imagen especular 2

4.- Diferencia entre isomería estructural y estereoisomería

- Esta distinción es muy importante y suele preguntarse con frecuencia.
- En la isomería estructural cambia el orden de enlace entre los átomos. Por tanto, si se compara la fórmula desarrollada, se observa una conectividad distinta.
- En la estereoisomería no cambia la conectividad. Los átomos están enlazados del mismo modo, pero colocados de forma distinta en el espacio.

5.- Importancia de la isomería en química del carbono

La isomería tiene una enorme importancia porque pequeñas variaciones en la estructura o en la disposición espacial pueden producir cambios muy grandes en las propiedades de una sustancia.

Por ejemplo, compuestos con la misma fórmula molecular pueden presentar:

- diferente punto de ebullición
 - diferente solubilidad
 - diferente reactividad
 - diferente olor
 - diferente actividad biológica
- En química orgánica y bioquímica esto es esencial, porque muchas moléculas biológicas dependen de su estructura espacial para cumplir su función. Dos compuestos con igual fórmula pueden comportarse de forma muy distinta si son isómeros.

6.- Errores frecuentes

- Un error muy común es pensar que cualquier compuestos con la misma fórmula empírica son isómeros. Esto es falso. Para que haya isomería, deben tener la misma fórmula molecular.
- También es frecuente confundir isomería de posición con isomería de función. Si el grupo funcional sigue siendo el mismo y solo cambia su lugar, es de posición. Si cambia la función química, es de función.
- Otro error habitual es creer que todos los alquenos presentan isomería geométrica. No es así. Solo la presentan cuando cada carbono del doble enlace tiene dos sustituyentes diferentes.
- Y en isomería óptica, no basta con que haya un carbono unido a cuatro enlaces: debe estar unido a cuatro grupos distintos.

7.- Reactividad en Compuestos Orgánicos

La reactividad de los compuestos orgánicos es la capacidad que presentan estas sustancias para experimentar transformaciones químicas, es decir, para romper algunos enlaces y formar otros nuevos, dando lugar a compuestos diferentes.

- Dicho de forma más académica, la reactividad orgánica estudia cómo y por qué una molécula del carbono sufre una reacción química, qué parte de la molécula reacciona, qué tipo de transformación tiene lugar y de qué factores depende que esa reacción ocurra con mayor o menor facilidad.
- En 2º de Bachillerato, este concepto es importante porque permite entender que no todos los compuestos orgánicos se comportan igual. Aunque todos contengan carbono, su comportamiento químico depende de su estructura, del tipo de enlace que posean y, sobre todo, del grupo funcional presente en la molécula.
- La idea central es que, en química orgánica, las reacciones no suelen afectar por igual a toda la molécula, sino que suelen producirse en zonas concretas llamadas centros reactivos. Normalmente, el centro reactivo está asociado a un grupo funcional o a un enlace múltiple. Por eso, dos compuestos con distinta función química presentan, en general, reactividades diferentes.

- Por ejemplo, un alcano, un alqueno, un alcohol y un ácido carboxílico no reaccionan del mismo modo, porque en cada caso cambian los enlaces presentes y la distribución electrónica de la molécula.

7.1.- Fundamento de la reactividad orgánica

La reactividad orgánica se explica por la estructura electrónica de las moléculas. En una reacción química, unos enlaces se rompen y otros se forman. Para que esto ocurra, deben intervenir electrones, ya que los enlaces covalentes están constituidos precisamente por pares de electrones compartidos.

Por tanto, la reactividad depende de:

- la polaridad de los enlaces
 - la densidad electrónica en distintas zonas de la molécula
 - la estabilidad de los intermedios que puedan formarse
 - y la facilidad para romper o formar determinados enlaces.
- En química orgánica, los electrones de los enlaces múltiples y los electrones no compartidos de algunos átomos, como oxígeno, nitrógeno o halógenos, tienen gran importancia en la reactividad.

7.2.- Influencia del tipo de enlace

Los compuestos orgánicos pueden contener enlaces simples, dobles o triples, y esto influye mucho en su comportamiento químico.

- Los enlaces simples C–C y C–H son, en general, bastante estables. Por eso, los alcanos presentan una reactividad relativamente baja. Se consideran poco reactivos porque no poseen enlaces muy polarizados ni grupos funcionales especialmente activos.
- En cambio, los dobles y triples enlaces contienen, además del enlace σ , uno o dos enlaces π . Los enlaces π son más débiles y están más expuestos, por lo que pueden romperse con mayor facilidad. Esto explica que alquenos y alquinos sean más reactivos que los alcanos y sufran con facilidad reacciones de adición.

Ejemplo: $CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$

- Aquí el doble enlace del eteno se transforma en enlace simple al añadirse hidrógeno.

7.3.- Influencia del grupo funcional

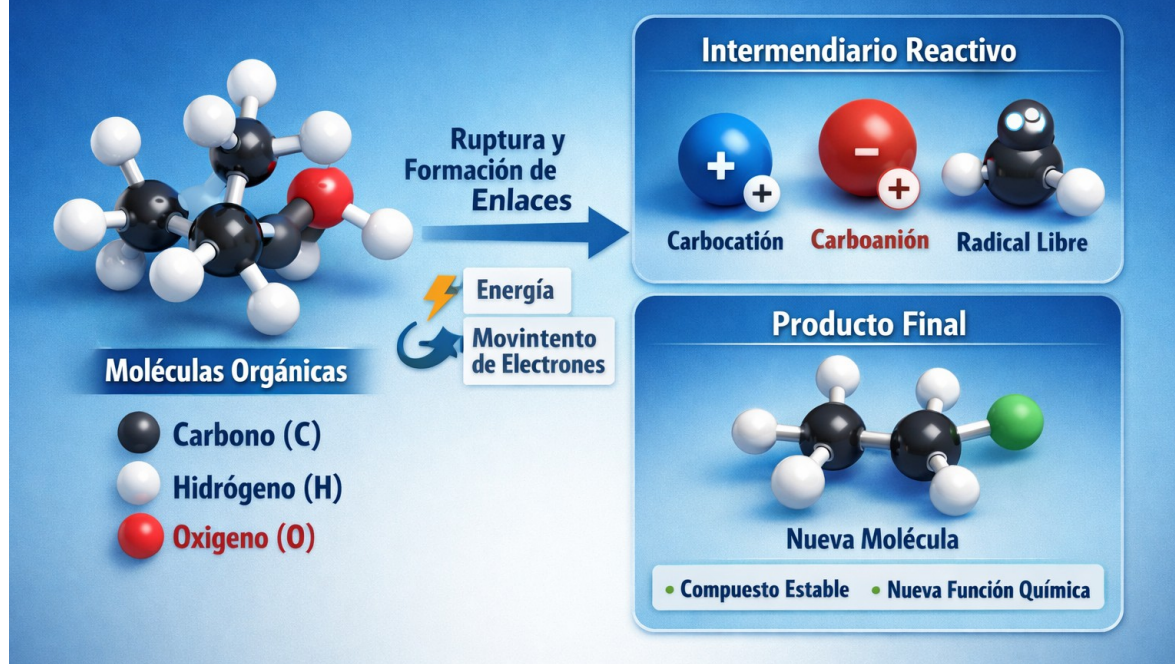
El factor más importante en la reactividad de los compuestos orgánicos es el grupo funcional. El grupo funcional es el átomo o conjunto de átomos que confiere a un compuesto sus propiedades químicas características.

- Así, los compuestos que poseen el mismo grupo funcional suelen presentar reacciones semejantes.

Por ejemplo:

- los alcoholes contienen el grupo –OH
- los aldehídos contienen el grupo –CHO
- las cetonas contienen el grupo carbonilo $>C=O$
- los ácidos carboxílicos contienen el grupo –COOH
- los ésteres contienen el grupo –COO–
- las aminas contienen el grupo –NH₂, –NHR o –NR₂
- Cada uno de estos grupos modifica la distribución de electrones en la molécula y crea centros más propensos al ataque de otras especies químicas.

Fundamento de la Reactividad Orgánica



7.4.- Tipos generales de reactivos en química orgánica

Para comprender la reactividad, también es necesario conocer qué especies atacan a las moléculas orgánicas. En nivel de 2º de Bachillerato suele bastar con distinguir tres tipos principales: reactivos electrófilos, nucleófilos y radicales.

- **Un electrófilo** es una especie deficiente en electrones, por lo que tiende a captar electrones. Suele reaccionar con zonas ricas en densidad electrónica.
- **Un nucleófilo** es una especie rica en electrones, por lo que tiende a ceder un par de electrones para formar un nuevo enlace. Suele atacar zonas de la molécula que presentan déficit electrónico.
- **Un radical** es una especie que posee un electrón desapareado. Los radicales suelen intervenir en reacciones distintas de las iónicas y son muy importantes, por ejemplo, en halogenaciones de alcanos.

8.- Principales tipos de reacciones orgánicas y su relación con la reactividad

La reactividad de los compuestos orgánicos se manifiesta en distintos tipos de reacciones. Las más importantes en este nivel son las de sustitución, adición, eliminación, oxidación, reducción, condensación e hidrólisis.

8.1.- Reacciones de sustitución

En ellas, un átomo o grupo de átomos de la molécula es reemplazado por otro.

- Son típicas, por ejemplo, de alcanos y derivados halogenados.

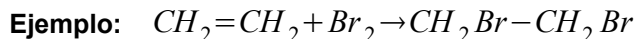
Ejemplo general: $R-H + X_2 \rightarrow R-X + HX$

- Un átomo de hidrógeno se sustituye por un halógeno.

- También son frecuentes en compuestos aromáticos, donde un hidrógeno del anillo bencénico puede ser sustituido por otro grupo.

8.2.- Reacciones de adición

- Son características de compuestos con dobles o triples enlaces. En estas reacciones, se rompe el enlace π y se incorporan átomos o grupos a la molécula.



El doble enlace del eteno permite la adición de bromo

8.3.- Reacciones de eliminación

Consisten en la pérdida de átomos o grupos de átomos de una molécula, originando frecuentemente un enlace múltiple.



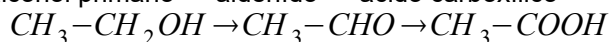
El etanol puede deshidratarse y formar eteno

8.4.- Reacciones de oxidación

En orgánica, oxidar suele significar aumentar el número de enlaces del carbono con oxígeno o disminuir el número de enlaces con hidrógeno.

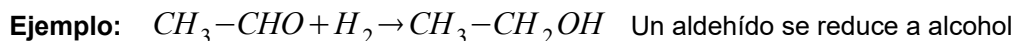
Ejemplo:

alcohol primario $\rightarrow$ aldehído $\rightarrow$ ácido carboxílico



8.5.- Reacciones de reducción

Reducir suele significar aumentar el número de enlaces del carbono con hidrógeno o disminuir el número de enlaces con oxígeno.

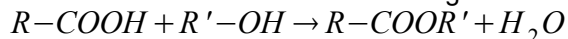


8.6.- Reacciones de condensación

Dos moléculas se unen para formar una mayor, con eliminación de una molécula pequeña, normalmente agua.

Ejemplo:

ácido carboxílico + alcohol $\rightarrow$ éster + agua



8.7.- Reacciones de hidrólisis

Es el proceso inverso a muchas condensaciones. Una molécula reacciona con agua y se rompe en sustancias más simples.

Ejemplo:

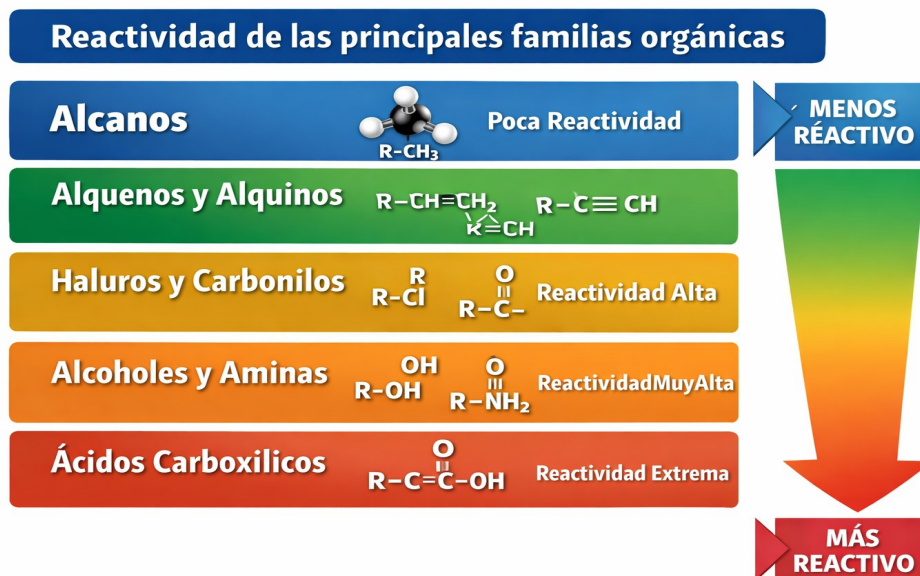
éster + agua $\rightarrow$ ácido carboxílico + alcohol



9.- Reactividad de las principales familias orgánicas

A nivel de 2º de Bachillerato conviene conocer, al menos de forma general, cómo reacciona cada gran familia.

- **Alcanos:** son poco reactivos. Presentan principalmente reacciones de combustión y sustitución radicalaria con halógenos.
- **Alquenos y alquinos:** son más reactivos por sus enlaces múltiples. Presentan sobre todo reacciones de adición.
- **Compuestos aromáticos:** el benceno presenta gran estabilidad por su deslocalización electrónica, por lo que no suele sufrir adiciones con facilidad. Reacciona preferentemente por sustitución.
- **Alcoholes:** pueden sufrir oxidación, deshidratación y reacciones de sustitución.
- **Aldehídos y cetonas:** presentan reactividad asociada al grupo carbonilo. Los aldehídos se oxidan con mayor facilidad que las cetonas.
- **Ácidos carboxílicos:** tienen carácter ácido y participan en reacciones de neutralización, esterificación y formación de sales.
- **Ésteres:** participan en reacciones de hidrólisis y formación a partir de ácidos y alcoholes.
- **Aminas:** presentan carácter básico debido al par de electrones libres del nitrógeno y reaccionan con ácidos formando sales.



10.- Factores que determinan la reactividad

La reactividad de una molécula orgánica no depende solo del grupo funcional, sino también de varios factores.

10.1.- Naturaleza del enlace

Los enlaces π reaccionan más fácilmente que los enlaces σ .

10.2.- Polaridad del enlace

Cuando un enlace está polarizado, aparece una distribución desigual de la densidad electrónica, lo que genera centros parcialmente positivos y negativos. Eso favorece ciertos ataques químicos. Por ejemplo, en el grupo carbonilo, el oxígeno atrae densidad electrónica y el carbono queda parcialmente positivo. Por ello, el carbono del carbonilo suele ser atacado por nucleófilos.

10.3.- Estabilidad de los intermedios

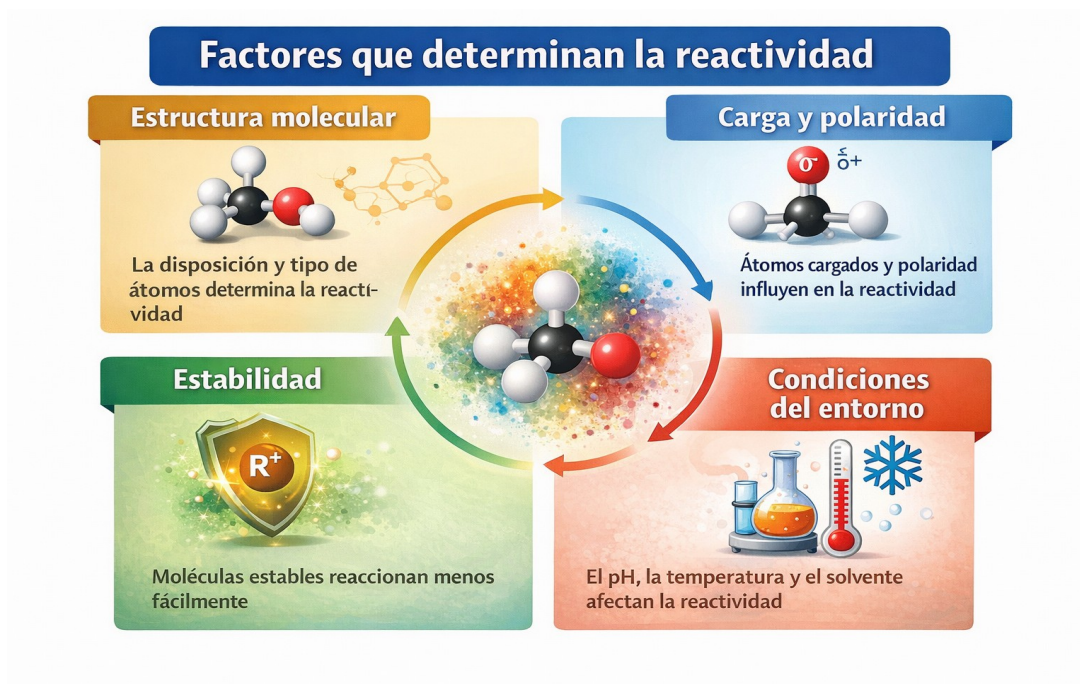
Muchas reacciones pasan por especies intermedias. Cuanto más estables sean, más fácil será que la reacción tenga lugar.

10.4.- Efecto de los sustituyentes

Los grupos unidos a la cadena carbonada pueden aumentar o disminuir la densidad electrónica y modificar la reactividad.

10.5.- Condiciones de reacción

La temperatura, la presión, el disolvente, el catalizador y la concentración influyen decisivamente. Por ejemplo, algunas reacciones no ocurren apreciablemente sin catalizador.



11.- Relación entre estructura y reactividad

Este es uno de los puntos más importantes conceptualmente.

- En química orgánica, la estructura determina la reactividad. Esto significa que la forma en que están distribuidos los átomos, el tipo de enlace y el grupo funcional explican qué reacciones son posibles. Por ello, cuando se estudia un compuesto orgánico, no basta con conocer su nombre o su fórmula molecular

Hay que identificar:

- cadena carbonada
- enlaces simples, dobles o triples
- grupo funcional
- las zonas con mayor o menor densidad electrónica.
- A partir de esa información puede predecirse, en gran medida, su comportamiento químico.

12.- Ejemplos comparativos de reactividad

Conviene comparar compuestos para fijar ideas.

- El etano, C_2H_6 , es un alcano saturado. Tiene solo enlaces simples y presenta baja reactividad.
- El eteno, C_2H_4 , tiene un doble enlace y resulta más reactivo. Puede añadir bromuro de hidrógeno, bromo, agua o hidrógeno.
- El etanol, C_2H_5OH , contiene un grupo hidroxilo. Puede oxidarse o deshidratarse.
- El etanal, CH_3-CHO , contiene un grupo aldehído. Se oxida con facilidad a ácido etanoico.
- El ácido etanoico, CH_3-COOH , presenta comportamiento ácido y puede reaccionar con alcoholes para formar ésteres.

12.1.- Importancia de la reactividad en síntesis orgánica

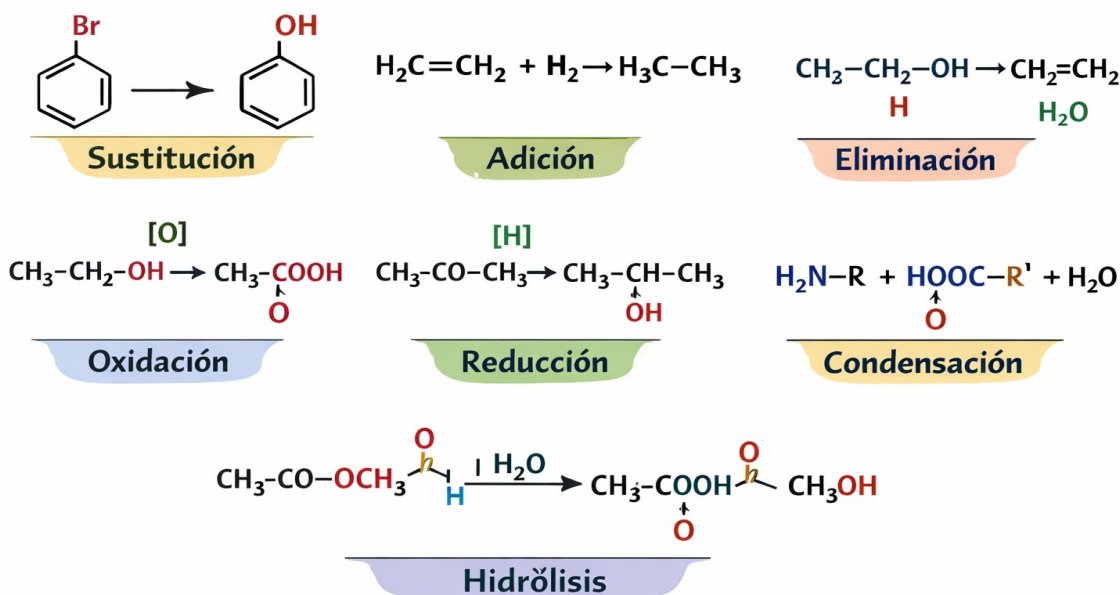
La reactividad es la base de la síntesis orgánica. Para obtener un compuesto determinado a partir de otro, hay que conocer qué transformaciones son posibles y en qué condiciones pueden llevarse a cabo.

- Por ejemplo, si se desea obtener un aldehído a partir de un alcohol primario, debe elegirse una oxidación controlada. Si se quiere obtener un alqueno a partir de un alcohol, puede utilizarse una eliminación de agua. Si se quiere obtener un éster, puede hacerse reaccionar un ácido carboxílico con un alcohol.
- Así, el estudio de la reactividad permite diseñar rutas de transformación entre compuestos orgánicos.

12.2.- Errores frecuentes

- Un error habitual es pensar que todos los compuestos orgánicos reaccionan de forma parecida por el mero hecho de contener carbono. Esto es incorrecto. Lo decisivo es la estructura y, sobre todo, el grupo funcional.
- También es frecuente creer que una molécula más grande siempre es más reactiva. Tampoco es necesariamente cierto. Una molécula compleja puede ser muy estable, mientras que otra más simple puede reaccionar con gran facilidad.
- Otro error común es no distinguir entre saturación e insaturación. Los compuestos saturados suelen ser menos reactivos que los insaturados frente a reacciones de adición.

Los compuestos orgánicos reaccionan principalmente por:



13.- Efecto Inductivo y Mesómero

El efecto inductivo y el efecto mesómero son dos formas de explicar cómo se distribuye la densidad electrónica en una molécula orgánica y cómo esa distribución influye en su estabilidad, su polaridad y su reactividad.

Ambos conceptos son importantes en química del carbono porque permiten entender por qué ciertos compuestos reaccionan con mayor facilidad que otros, por qué algunos enlaces están más polarizados y por qué algunos intermedios o moléculas son más estables.

Aunque son conceptos algo más teóricos, en 2º de Bachillerato deben entenderse de forma clara: ambos describen desplazamientos electrónicos, pero no actúan del mismo modo.

13.1.- Efecto Inductivo

El efecto inductivo consiste en una polarización permanente de los enlaces de una molécula, provocada por la tendencia de un átomo o grupo de átomos a atraer o a ceder densidad electrónica a través de los enlaces covalentes simples.

Cuando dos átomos con distinta electronegatividad están unidos, el más electronegativo atrae con mayor intensidad el par de electrones del enlace. Esto genera una distribución desigual de la carga. Ese desplazamiento no queda limitado solo al primer enlace, sino que puede transmitirse, aunque cada vez con menor intensidad, a lo largo de la cadena carbonada.

Por eso se dice que el efecto inductivo se propaga por los enlaces σ , pero disminuye rápidamente con la distancia.

Tipos de efecto inductivo

Se distinguen dos casos:

- **Efecto inductivo negativo (-I)**

Un grupo presenta efecto inductivo negativo cuando atrae densidad electrónica hacia sí. Esto ocurre en grupos que contienen átomos muy electronegativos, como halógenos, oxígeno, nitrógeno o grupos con varios oxígenos.

Ejemplos de grupos con efecto -I:

-Cl , -Br , -OH , -NO₂ , -COOH , -CN

Estos grupos retiran densidad electrónica del resto de la molécula.

Ejemplo:

ácido cloroacético $Cl-CH_2-COOH$

el átomo de cloro atrae densidad electrónica por efecto inductivo.

Como consecuencia, el enlace O-H del grupo carboxilo queda más polarizado y el compuesto libera el protón con más facilidad que el ácido acético.

Por eso: el ácido cloroacético es más ácido que el ácido acético.

- **Efecto inductivo positivo (+I)**

Un grupo presenta efecto inductivo positivo cuando empuja o cede densidad electrónica hacia el resto de la molécula.

Esto ocurre generalmente en grupos alquilo, como:

-CH₃ , -C₂H₅ , -C₃H₇

Estos grupos tienden a aumentar ligeramente la densidad electrónica del carbono al que están unidos.

Ejemplo:

en un carbocatión, los grupos alquilo pueden estabilizar la carga positiva al ceder densidad electrónica por efecto +I.

Por eso, en general, un carbocatión terciario es más estable que uno secundario, y este más estable que uno primario.

La idea es:

los grupos alquilo empujan electrones y ayudan a compensar la deficiencia electrónica.

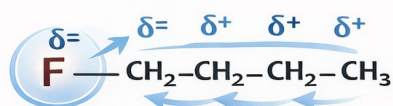
Características del efecto inductivo

El efecto inductivo tiene varias características importantes:

- es permanente, porque depende de la polaridad de los enlaces
- se transmite a través de enlaces simples σ
- disminuye rápidamente con la distancia

Tipos de efecto inductivo

Efecto -I: atractivo



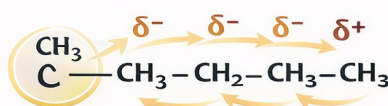
Átomos o grupos electronegativos

Atraen electrones a través de un efecto atractor.



Atracción de electrones

Efecto +I: donador



Átomos o grupos electropositivos

Ceden electrones a través de un efecto donador



Donación de electrones

13.2.- Efecto mesómero o resonante

El efecto mesómero consiste en el desplazamiento o deslocalización de electrones en una molécula que presenta enlaces múltiples conjugados o pares de electrones no compartidos capaces de interactuar con un sistema π .

Este efecto no se explica por polarización de enlaces simples, sino por resonancia.

Una molécula con efecto mesómero no puede describirse correctamente con una sola estructura de Lewis. Se representa mediante varias estructuras resonantes, llamadas también formas mesómeras. La verdadera estructura es un híbrido de resonancia entre todas ellas.

Por tanto, el efecto mesómero está relacionado con la deslocalización electrónica, que suele aportar estabilidad.

Requisito para que exista efecto mesómero

Para que haya efecto mesómero debe existir conjugación, es decir, una sucesión de orbitales p que permita la deslocalización electrónica.

Esto ocurre, por ejemplo, en:

- dobles enlaces alternados
- anillos aromáticos
- grupos con pares libres unidos a un sistema π
- grupos con dobles enlaces unidos a otros dobles enlaces

Tipos de efecto mesómero

También se distinguen dos tipos:

- Efecto mesómero positivo (+M)

Un grupo presenta efecto +M cuando cede densidad electrónica al sistema conjugado mediante resonancia.

Esto ocurre en grupos que poseen pares de electrones libres capaces de deslocalizarse.

Ejemplos:

-OH , -OR , -NH₂ , -NHR , -NR₂

Estos grupos pueden aportar electrones al sistema π .

Ejemplo típico:

en el fenol, el grupo -OH unido al anillo bencénico puede ceder densidad electrónica al anillo por resonancia. Esto modifica la distribución electrónica del benceno y afecta a su reactividad. Por eso, el fenol activa el anillo aromático frente a ciertas reacciones de sustitución.

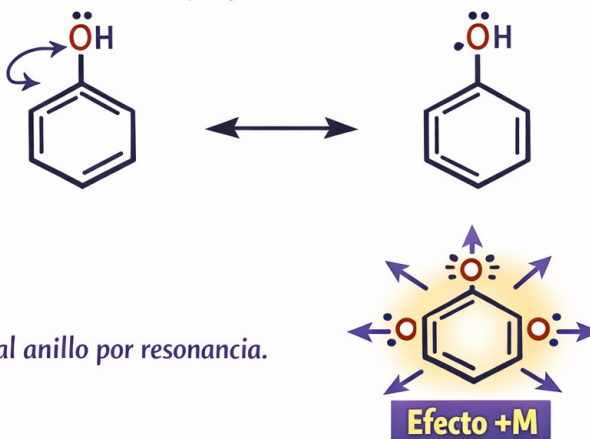
Efecto Mesómero Positivo (+M)

Cesión de electrones por resonancia al resto de la molécula.

Grupos con efecto +M

-OH
-OCH₃
-NH₂
-Cl

Ejemplo de Resonancia:



Efecto mesómero negativo (–M): Un grupo presenta efecto –M cuando retira densidad electrónica del sistema conjugado por resonancia.

Esto ocurre en grupos que contienen enlaces múltiples con átomos electronegativos y pueden atraer electrones del sistema π .

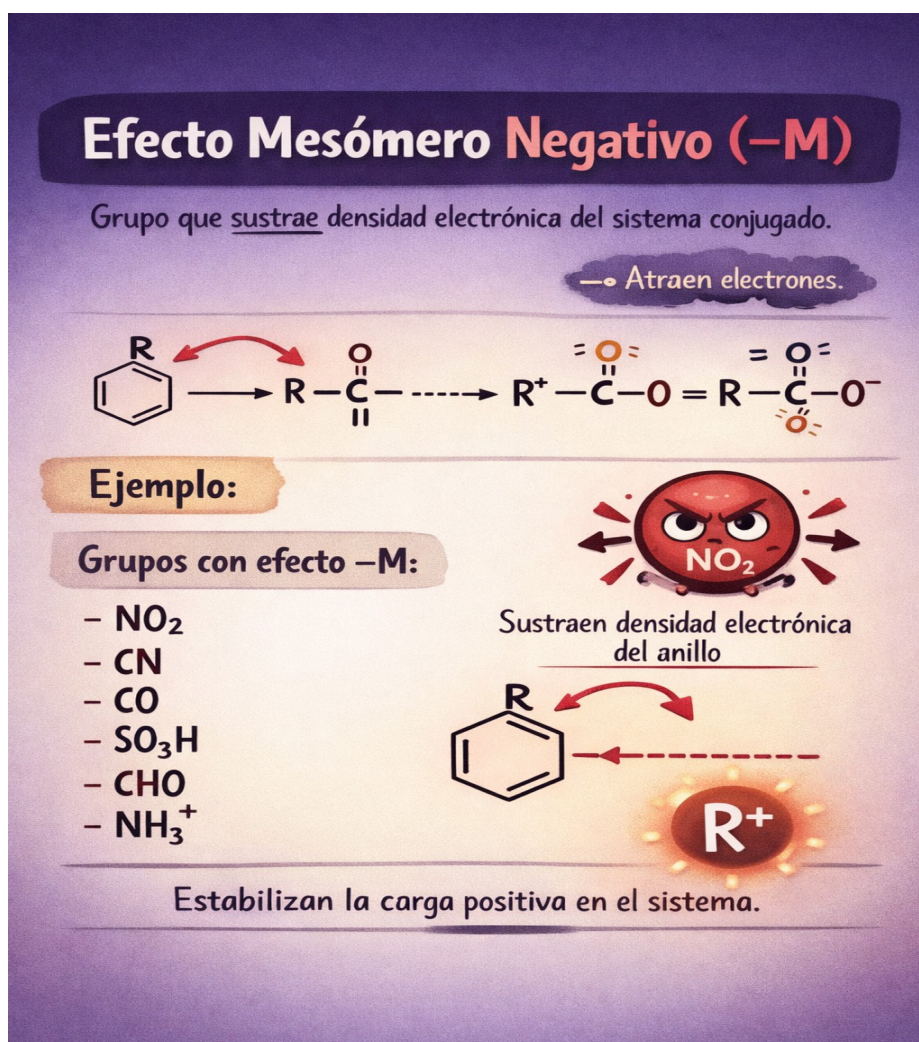
Ejemplos:

–NO₂, –CHO, –COOH, –COOR, –CN

Estos grupos retiran densidad electrónica por resonancia.

Ejemplo:

en el nitrobeneno, el grupo –NO₂ extrae densidad electrónica del anillo aromático por efecto –M, haciendo que el anillo sea menos reactivo frente a sustitución electrófila que el benceno.



Características del efecto mesómero

- requiere conjugación
- se transmite por deslocalización en enlaces π
- puede estabilizar mucho una molécula o un ion
- explica la existencia de estructuras resonantes
- influye intensamente en la reactividad de compuestos insaturados y aromáticos.

13.3.- Diferencia entre efecto inductivo y efecto mesómero

Esta comparación es muy importante.

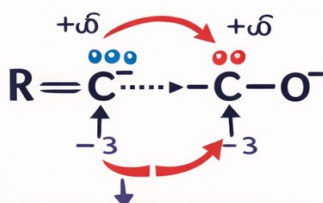
- El efecto inductivo actúa por polarización de enlaces simples σ debida a diferencias de electronegatividad.
- El efecto mesómero actúa por deslocalización de electrones en sistemas conjugados o resonantes.
- el efecto inductivo disminuye mucho con la distancia
- el efecto mesómero, dentro del sistema conjugado, puede extenderse de forma más significativa.

Diferencia entre Efecto Inductivo y Efecto Mesómero

Efecto Inductivo

Transmisión de la densidad electrónica a través de enlaces sigma (σ).

Atracción/repulsión parcial de electrones.

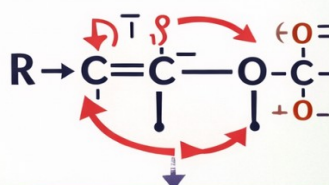


Atracción/repulsión parcial de electrones.

Efecto Mesómero

Transmisión de la densidad electrónica a través del sistema π conjugado.

Movimiento total de electrones.



Movimiento total de electrones.

¡Ambos efectos pueden combinarse en una misma molécula!

13.4.- Importancia en química orgánica

Estos efectos permiten explicar muchas propiedades de los compuestos orgánicos.

Por ejemplo:

- la acidez de los ácidos orgánicos;
- la basicidad de las aminas;
- la estabilidad de carbocationes, carbaniones y radicales;
- la reactividad de los anillos aromáticos;
- la polaridad de los grupos funcionales;
- la orientación en algunas sustituciones aromáticas.

Ejemplo 1: efecto inductivo en acidez

Comparemos: $\text{CH}_3\text{--COOH}$ y $\text{Cl--CH}_2\text{--COOH}$

El cloro ejerce efecto $-I$, atrayendo electrones. Eso facilita la salida del H^+ del grupo carboxilo.

Conclusión: el $\text{Cl--CH}_2\text{--COOH}$ es más ácido

Ejemplo 2: efecto $+I$ de grupos alquilo

En los carbocationes: terciario > secundario > primario en estabilidad

Los grupos alquilo ceden densidad electrónica por efecto $+I$ y estabilizan la carga positiva.

Ejemplo 3: efecto $+M$ del grupo $-\text{OH}$

En el fenol, el grupo $-\text{OH}$ puede ceder electrones al anillo bencénico por resonancia.

Conclusión:

el anillo queda enriquecido en densidad electrónica y resulta más reactivo que el benceno frente a ciertas sustituciones.

Ejemplo 4: efecto $-M$ del grupo $-\text{NO}_2$

En el nitrobenceno, el grupo $-\text{NO}_2$ retira densidad electrónica del anillo por resonancia.

Conclusión: el anillo queda desactivado frente a sustitución electrófila.

13.5.- Relación con la estabilidad

- Un aspecto central es que ambos efectos pueden estabilizar o desestabilizar especies intermedias.
- Por ejemplo, si una carga positiva aparece cerca de grupos $+I$, esa carga puede estabilizarse.
- Si una carga negativa aparece cerca de grupos $-I$, también puede estabilizarse porque esos grupos ayudan a dispersar densidad electrónica.
- La resonancia suele proporcionar una estabilización especialmente importante, porque distribuye la carga o los electrones por varias posiciones de la molécula.
- Por eso, una especie con carga deslocalizada suele ser más estable que otra con carga localizada.

13.6.- Error frecuente

- Un error habitual es confundir electronegatividad con resonancia.
- Un grupo puede atraer electrones por efecto inductivo y, a la vez, cederlos o retirarlos por efecto mesómero según su estructura.

14.- Ruptura Homolítica y Heterolítica

La ruptura de enlaces en química orgánica es el proceso por el cual un enlace covalente se rompe y da lugar a especies químicas nuevas. Este concepto es fundamental porque toda reacción orgánica implica, en algún momento, la rotura de unos enlaces y la formación de otros.

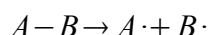
- La ruptura de un enlace covalente puede ser homolítica o heterolítica según que los electrones del enlace se repartan por igual entre los dos átomos o que ambos electrones queden sobre uno solo de ellos.
- Esta diferencia es esencial, porque determina qué tipo de especies intermedias se forman y qué tipo de reacción puede tener lugar.

14.1.- Ruptura Homolítica

La ruptura homolítica, también llamada homólisis, es aquella en la que cada uno de los dos átomos unidos por el enlace retiene uno de los electrones del par enlazante.

- La ruptura homolítica es la rotura simétrica de un enlace covalente, de modo que cada átomo conserva uno de los electrones del enlace, originándose radicales libres. Es decir, el reparto de electrones es simétrico.

Si representamos un enlace A–B, la ruptura homolítica se expresa así:



Los puntos indican que las especies formadas poseen un electrón desapareado. Estas especies se llaman radicales libres.

Radicales libres

Un radical libre es una especie química que contiene un electrón desapareado. Debido a ello, suele ser muy reactiva, ya que tiende a captar otro electrón o a formar un nuevo enlace para estabilizarse.

Ejemplos:

- $Cl_2 \rightarrow 2Cl\cdot$

En esta ruptura homolítica, cada átomo de cloro se queda con un electrón del enlace y se forman dos radicales cloro.

- $CH_3-CH_3 \rightarrow CH_3\cdot + \cdot CH_3$

Aquí se forman dos radicales metilo, aunque este proceso no ocurre fácilmente en condiciones ordinarias.

14.1.1.- Cuándo se favorece la ruptura homolítica

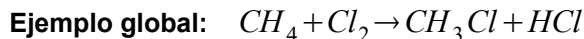
La ruptura homolítica suele producirse cuando:

- el enlace se rompe por acción de la luz ultravioleta;
- interviene calor;
- los átomos enlazados tienen electronegatividades parecidas;
- el medio favorece mecanismos radicalarios.

Por ejemplo, en la halogenación de alcanos, la luz provoca la ruptura homolítica de la molécula de cloro: $Cl_2 \rightarrow 2Cl\cdot$

14.1.2.- Importancia en química orgánica

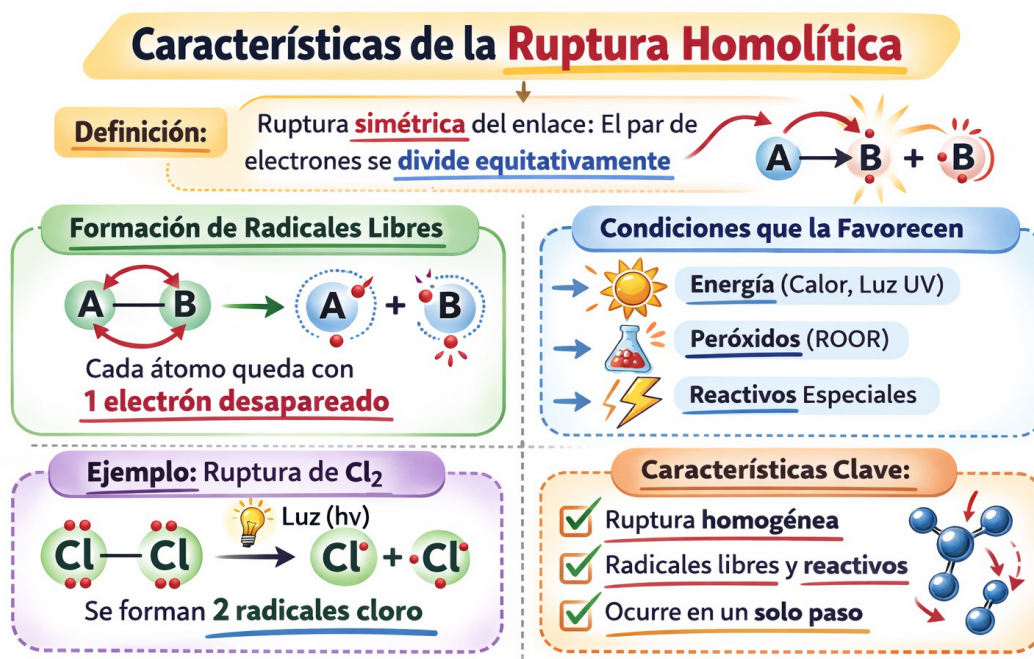
La ruptura homolítica es fundamental en las reacciones radicalarias. En 2º de Bachillerato, el ejemplo más importante es la sustitución radicalaria de alcanos con halógenos.



- Este proceso no ocurre directamente en una sola etapa simple, sino mediante radicales intermedios generados por ruptura homolítica.

14.1.3.- Características de la ruptura homolítica

- es simétrica
- origina radicales libres
- suele estar favorecida por luz o calor
- es típica de mecanismos radicalarios
- es más frecuente en enlaces poco polarizados



14.2.- Ruptura heterolítica

La ruptura heterolítica, también llamada heterólisis, es aquella en la que los dos electrones del enlace covalente quedan sobre uno solo de los átomos.

Por tanto, el reparto de electrones es desigual o asimétrico.

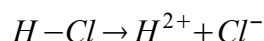
La ruptura heterolítica es la rotura asimétrica de un enlace covalente, de manera que uno de los átomos conserva los dos electrones del enlace y el otro queda sin ellos, originándose iones.

14.2.1.- Iones formados

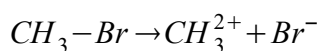
La ruptura heterolítica genera especies con carga eléctrica:

- un catión, si un átomo pierde el par electrónico
- un anión, si un átomo gana el par electrónico

Ejemplo sencillo:



El átomo de cloro, más electronegativo, atrae los dos electrones del enlace, y se forman un protón y un ion cloruro.



Aquí, en una representación teórica simplificada, el bromo se lleva el par electrónico, porque es más electronegativo que el carbono.

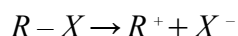
14.2.2.- Cuándo se favorece la ruptura heterolítica

- La ruptura heterolítica se favorece cuando:
- el enlace está polarizado
- existe diferencia notable de electronegatividad entre los átomos
- el medio es polar
- las especies formadas pueden estabilizarse como iones

14.2.3.- Importancia en química orgánica

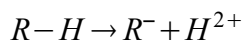
La ruptura heterolítica es fundamental porque explica la formación de carbocationes y carbaniones, especies intermedias muy importantes en mecanismos orgánicos.

Por ejemplo:



Aquí puede formarse un carbocatión R^{+} y un anión haluro X^{-}

También puede ocurrir:

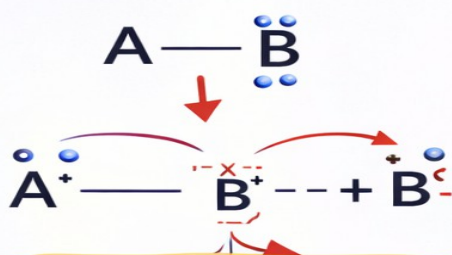


aunque este tipo de proceso requiere condiciones muy concretas, porque el carbanión suele ser poco estable.

Ruptura Heterolítica

¿Qué es?

Ruptura desigual de un enlace covalente resultando en la formación de iones.



Ruptura heterolítica



Atracción/repulsión parcial de electrones.

Condiciones que la favorecen

- Ambientes polares
- Ácidos o catalizadores Ácidos.
- Comunes en compuestos con heteroátomos.

Mecanismo

- Los electrones compartidos se trasladan hacia uno de los átomos.
- Los iones formados son estables en ambientes polares.

Ejemplo: $\text{Cloruro} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

14.2.4.- Carbocationes y carbaniones

- Carbocatión:** es una especie orgánica en la que un átomo de carbono presenta carga positiva. Tiene deficiencia electrónica.

Ejemplo: CH_3^+

- Carbanión:** es una especie orgánica en la que un átomo de carbono presenta carga negativa y un par de electrones no compartido.

Ejemplo: CH_3^-

- En nivel de 2º de Bachillerato basta con entender que los carbocationes son especies pobres en electrones y los carbaniones especies ricas en electrones.

14.2.5.- Características de la ruptura heterolítica

- es asimétrica
- origina iones
- suele producirse en enlaces polarizados
- es favorecida por diferencias de electronegatividad
- es típica de mecanismos iónicos

15.- Diferencia entre ruptura homolítica y heterolítica

Esta comparación es esencial y suele preguntarse de forma directa.

En la ruptura homolítica:

- el enlace se rompe de forma simétrica
- cada átomo conserva un electrón
- se forman radicales libres.

En la ruptura heterolítica:

- el enlace se rompe de forma asimétrica
- uno de los átomos conserva los dos electrones
- se forman iones

16.- Relación con la polaridad del enlace

La polaridad del enlace ayuda a predecir qué tipo de ruptura es más probable.

- Si el enlace A-B es poco polar, la rotura homolítica es más probable, porque ninguno de los átomos atrae de forma muy marcada al par electrónico.
- Si el enlace está muy polarizado, la ruptura heterolítica resulta más probable, porque el átomo más electronegativo tiende a quedarse con ambos electrones.

Ejemplo: En H-Cl, el cloro atrae más intensamente los electrones que el hidrógeno. Por ello, la heterólisis es coherente con la polaridad del enlace.

17.- Consecuencias en la reactividad orgánica

- El tipo de ruptura condiciona completamente el mecanismo de reacción.
- Si se forman radicales, la reacción seguirá normalmente un mecanismo radicalario.
- Si se forman iones, la reacción seguirá normalmente un mecanismo iónico.
- Esto permite entender por qué unas reacciones requieren luz y otras tienen lugar en disolventes polares, o por qué unas dependen de electrófilos y nucleófilos y otras de radicales.

18.- Relación con electrófilos y nucleófilos

La ruptura heterolítica se relaciona directamente con la formación de especies capaces de comportarse como electrófilos o nucleófilos.

Un carbocatión, al tener carga positiva y deficiencia electrónica, actúa como electrófilo.

Un anión o una especie rica en electrones actúa como nucleófilo.

Por ello, la heterólisis tiene una importancia central en las reacciones orgánicas estudiadas en este nivel.

19.- Error frecuente

- Un error muy común es pensar que toda ruptura de enlace produce radicales. Esto es falso. Solo la ruptura homolítica forma radicales; la heterolítica forma iones.
- Otro error habitual es creer que el átomo que se queda con los electrones en la heterólisis es cualquiera. No: normalmente será el más electronegativo o el que pueda estabilizar mejor la carga negativa.

20.- Condensación – Amidación – Esterificación

La condensación, la esterificación y la amidación son reacciones orgánicas muy importantes porque permiten unir moléculas y formar compuestos más complejos a partir de otros más sencillos. En química del carbono de 2º de Bachillerato, estos procesos se estudian como transformaciones características de ciertos grupos funcionales, especialmente de los ácidos carboxílicos y sus derivados.

- La idea general que une a las tres es que se forma un nuevo enlace covalente entre dos fragmentos orgánicos y, al mismo tiempo, se elimina una molécula pequeña, normalmente agua. Por eso estas reacciones se relacionan con el concepto general de condensación.

20.1.- Definición general

Una reacción de condensación es una reacción en la que dos moléculas se unen para formar una molécula mayor, con eliminación simultánea de una molécula pequeña, generalmente agua, aunque también pueden eliminarse otras moléculas sencillas como HCl o NH₃ en contextos más avanzados. Dentro de este tipo general de reacciones, en 2º de Bachillerato tienen especial importancia la esterificación y la amidación.

- La **esterificación** es la reacción entre un ácido carboxílico y un alcohol para formar un éster y agua.
- La **amidación** es la reacción entre un ácido carboxílico y una amina, o entre derivados de ácidos y aminas, para formar una amida.

20.2.- Condensación

La condensación es el concepto más amplio. No designa una sola reacción concreta, sino un tipo general de proceso químico.

Definición académica:

La condensación es una reacción química en la que dos moléculas se combinan para originar otra de mayor tamaño, con eliminación de una molécula pequeña, habitualmente agua.

- En química orgánica, las reacciones de condensación son muy importantes porque permiten construir moléculas más complejas a partir de compuestos más simples. Esto las convierte en reacciones fundamentales en síntesis orgánica y también en bioquímica.
- Por ejemplo, cuando un ácido carboxílico reacciona con un alcohol y se elimina agua, se produce una condensación. Cuando un ácido carboxílico reacciona con una amina y se elimina agua, también hay una condensación.
- Por tanto, la esterificación y la amidación pueden considerarse casos particulares de condensación.

20.3.- Rasgos característicos de una condensación

- Una condensación presenta normalmente estas características:
- intervienen dos moléculas iniciales;
- se forma una molécula mayor;
- se elimina una molécula pequeña;
- suele aparecer un nuevo grupo funcional en el producto;
- es frecuente en compuestos que contienen grupos funcionales oxigenados o nitrogenados.

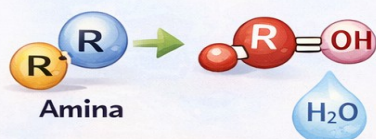
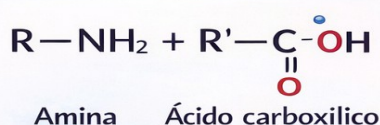
Condensación

Amidación

Ruptura desigual de un enlace **covalente** resultando en la formación de **iones**.

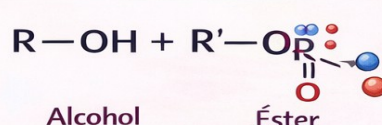


Amina



Esterificación

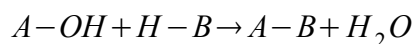
Ruptura desigual de un **enlace covalente** resultando en la formación de **iones**.



* Dos moléculas se unen eliminando una pequeña molécula (como H₂O).

20.4.- Ejemplo general de condensación

Si representamos dos moléculas como A-OH y H-B, una condensación puede expresarse de forma general así:



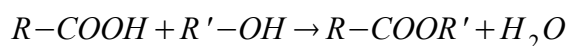
Aquí se unen A y B y se elimina agua

20.5.- Esterificación

La esterificación es una de las reacciones de condensación más importantes en química orgánica básica.

Definición académica:

- La esterificación es la reacción entre un ácido carboxílico y un alcohol, mediante la cual se forma un éster y agua.
- **La ecuación general es:**



donde:

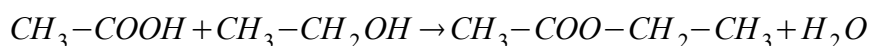
- $R-COOH$ representa un ácido carboxílico
- $R'-OH$ representa un alcohol
- $R-COOR'$ es el éster formado

20.5.1.- Qué ocurre en la esterificación

En esta reacción, el grupo -OH del ácido carboxílico y un átomo de hidrógeno del grupo -OH del alcohol se combinan para formar H_2O . Al mismo tiempo, el resto del alcohol queda unido al carbono del grupo carboxilo mediante un átomo de oxígeno, originando el grupo éster: -COO-

- Por eso, el producto final es un éster.

Ejemplo de esterificación: Ácido etanoico + etanol:



- **Producto: etanoato de etilo**
- En esta reacción se ha formado un éster y se ha eliminado agua, por lo que se trata de una condensación y, más específicamente, de una esterificación.

20.5.2.- Características de la esterificación

- es una reacción de condensación
- forma ésteres
- se produce entre un ácido carboxílico y un alcohol
- elimina agua
- suele necesitar calentamiento y, a menudo, catalizador ácido

20.5.3.- Importancia de los ésteres

Los ésteres tienen interés porque muchos presentan olores agradables y se encuentran en aromas frutales, perfumes, disolventes y grasas.

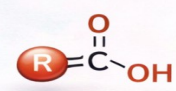
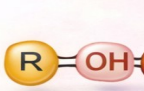
Además, en bioquímica, los triglicéridos son ésteres formados por la reacción entre glicerina y ácidos grasos.

Esterificación

¿Que es?

Reacción de condensación donde un alcohol y un ácido carboxílico se combinan para formar un éster.

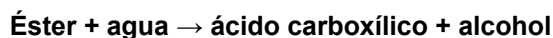
$$\text{R-OH} + \text{R}'\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C-OH} \rightarrow \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C-OR}' + \text{H}_2\text{O}$$

Reactivos	Productos
 Alcohol +  Ácido carboxílico	 Éster +  Agua
Unión del alcohol y el ácido 	Elimina agua 

Ejemplo: Etanol + Ácido acético → Acetato de etilo + H_2O

20.5.4.- Reacción inversa: hidrólisis

La esterificación puede invertirse mediante hidrólisis:



- Esto es importante porque muestra que la esterificación y la hidrólisis son procesos relacionados.

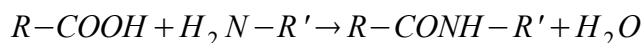
20.6.- Amidación

La amidación es otra reacción de condensación importante.

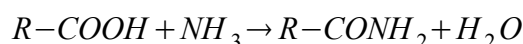
Definición académica:

La amidación es la reacción por la cual se forma una amida a partir de un ácido carboxílico y una amina, o a partir de un derivado de ácido y una amina, con eliminación de una molécula pequeña.

- A nivel de 2º de Bachillerato, la forma más sencilla de entenderla es como la reacción entre un ácido carboxílico y una amina para originar una amida y agua.
- La ecuación general simplificada es:



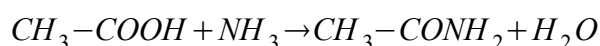
Si la amina es amoníaco, puede formarse una amida primaria:



20.6.1.- Qué ocurre en la amidación

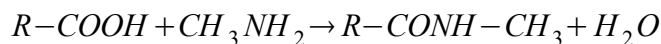
En esta reacción, el grupo $-OH$ del ácido carboxílico y un átomo de hidrógeno del grupo amino forman agua. El resto de la amina queda unido al carbono del grupo carboxilo, dando lugar al grupo amida: $-CONH_2$, $-CONHR$ o $-CONR_2$, según el tipo de amina implicada.

Ejemplo de amidación: Ácido etanoico + amoníaco



- **Producto:** etanamida

Otro ejemplo general: ácido carboxílico + metilamina $\rightarrow$ amida sustituida + agua



20.6.2 Características de la amidación

- es una reacción de condensación
- forma amidas
- implica compuestos con grupo carboxilo y grupo amino
- elimina normalmente agua
- requiere condiciones adecuadas, ya que no siempre ocurre con facilidad en condiciones suaves.

En un tratamiento académico de 2º de Bachillerato conviene señalar que las amidas son compuestos orgánicos nitrogenados derivados de los ácidos carboxílicos, en los que el grupo $-OH$ del ácido ha sido sustituido por un grupo amino o derivado.

Características de la **Amidación**

¿Qué es?

Reacción de condensación entre una **amina** y un **ácido carboxílico**, que produce una **amida** y elimina agua (H_2O).

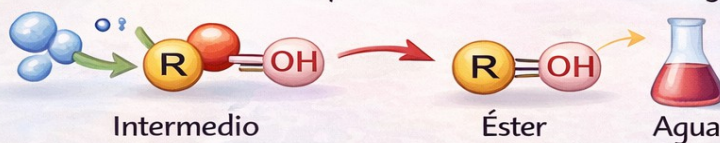


Mecanismo

- 1 El grupo amino ($-\text{NH}_2$) ataca el grupo carboxilo ($-\text{COOH}$).



- 2 Forma un enlace amida y se elimina una molécula de agua.



Ejemplo: Ácido acético + Metilamina $\rightarrow$ N-Metilacetamida + Agua

20.6.3.- Importancia de las amidas

Las amidas tienen gran importancia en química y biología. El ejemplo más relevante es el enlace peptídico de las proteínas, que es un tipo de enlace amida formado entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino de otro.

Por tanto, la amidación no solo tiene interés en síntesis orgánica, sino también en los procesos biológicos.

20.7.- Relación entre condensación, esterificación y amidación

La relación es jerárquica:

- la condensación es la categoría general
- la esterificación es un caso particular de condensación
- la amidación es otro caso particular de condensación.
- Esto significa que toda esterificación y toda amidación son reacciones de condensación, pero no toda condensación es necesariamente una esterificación o una amidación.

20.8.- Comparación entre esterificación y amidación

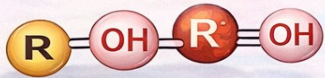
Ambas reacciones son semejantes porque:

- parten de un ácido carboxílico
- forman una molécula mayor
- eliminan agua
- pertenecen a las condensaciones

Pero se diferencian en el segundo reactivo y en el producto final:

- en la esterificación reacciona un alcohol y se forma un éster
- en la amidación reacciona una amina o amoníaco y se forma una amida

Comparación entre Esterificación y Amidación

Esterificación	Amidación
Reacción entre un alcohol y un ácido carboxílico , formando un éster .	Reacción entre una amina y un ácido carboxílico , formando una amida .
$\text{R}-\text{OH} + \text{R}'-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}' + \text{H}_2\text{O}$ Amina Ácido carboxílico H₂O	$\text{R}-\text{NH}_2 + \text{R}'-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}' + \text{H}_2\text{O}$ Amina Ácido carboxílico H₂O
Forma un éster  Forma un éster	Forma una amida  Forma una amida
Características Compartidas • Reacciones de condensación. • Eliminan una pequeña molécula (H₂O). • Se producen en ambientes ácidos o al aplicar calor.  	

20.9.- Interpretación estructural

Es importante aprender a reconocer qué parte de cada molécula participa en la reacción.

En la esterificación:

- el ácido aporta la parte R-COO-
- el alcohol aporta el grupo R' unido al oxígeno.

En la amidación:

- el ácido aporta la parte R-CO-
- la amina aporta el fragmento -NH-R' o -NH₂.

20.10.- Importancia en síntesis orgánica

Estas reacciones son fundamentales porque permiten transformar grupos funcionales y construir moléculas más complejas.

- La esterificación permite obtener ésteres, que tienen aplicaciones industriales, biológicas y cotidianas.
- La amidación permite obtener amidas, esenciales en química farmacéutica y en bioquímica.

20.11.- Errores frecuentes

Un error habitual es confundir éster con amida.

Para distinguirlos:

- el éster contiene el grupo -COO-
- la amida contiene el grupo -CONH₂, -CONHR o -CONR₂
- Otro error frecuente es olvidar que estas reacciones son condensaciones porque se elimina una molécula pequeña, normalmente agua.
- También se confunde a veces la esterificación con una neutralización ácido-base. No son lo mismo. En la esterificación se forma un nuevo compuesto orgánico, el éster, mientras que en una neutralización se forma una sal y agua.

21.- Síntesis e Hidrólisis de Ésteres y Amidas

La hidrólisis de ésteres y amidas es el proceso químico por el cual estos compuestos reaccionan con agua y se rompen, originando sustancias más simples. Se trata, por tanto, de la reacción inversa a muchas condensaciones, ya que en la condensación dos moléculas se unen eliminando una molécula pequeña, mientras que en la hidrólisis una molécula se rompe por acción del agua.

En química orgánica de 2º de Bachillerato, este apartado es importante porque permite comprender que muchos compuestos obtenidos por esterificación o amidación pueden volver a transformarse en sus compuestos de partida o en sustancias relacionadas. Además, dentro de la hidrólisis de ésteres tiene especial interés la saponificación, que es la hidrólisis básica de grasas y aceites.

Definición general

- La hidrólisis es una reacción química en la que una molécula se rompe por acción del agua, incorporándose los elementos de esta, H y OH, a los fragmentos resultantes.
- la hidrólisis de un éster da lugar, en general, a un ácido carboxílico y un alcohol;
- la hidrólisis de una amida da lugar, en general, a un ácido carboxílico y una amina, o a amoníaco si la amida es primaria.

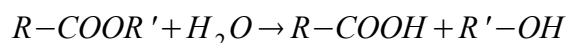
21.1.- Hidrólisis de ésteres

Un éster contiene el grupo funcional $-\text{COO}-$ y puede considerarse derivado de la reacción entre un ácido carboxílico y un alcohol. Por ello, cuando el éster se hidroliza, el proceso tiende a regenerar esas sustancias.

Definición académica:

La hidrólisis de un éster es la reacción por la que un éster se rompe por acción del agua, originando un ácido carboxílico y un alcohol, o sus especies relacionadas según el medio de reacción.

La ecuación general es:

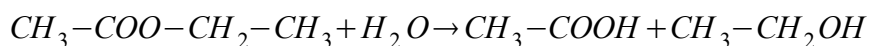


21.2.- Qué ocurre en esta reacción

En la hidrólisis, el enlace éster se rompe y la molécula de agua aporta: un grupo $-\text{OH}$ al fragmento acilo, formando el ácido carboxílico; un átomo de hidrógeno al fragmento alcoxi, formando el alcohol.

- Por tanto, el agua no actúa solo como disolvente, sino como reactivo.

Ejemplo de hidrólisis de éster: Etanoato de etilo

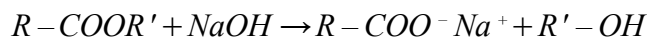


- El éster se rompe y se obtienen: ácido etanoico + etanol
- Esta reacción muestra claramente que la hidrólisis es el proceso inverso de la esterificación.

21.2.- Medio ácido y medio básico

La hidrólisis de ésteres puede estudiarse en dos medios principales:

- **medio ácido** : En medio ácido, el producto orgánico principal es el ácido carboxílico.
- **medio básico**: el ácido formado reacciona con la base y da una sal carboxilato. Por eso, en medio básico suele escribirse:



- Esta variante básica recibe el nombre de **saponificación** cuando se aplica a ésteres de ácidos grasos.

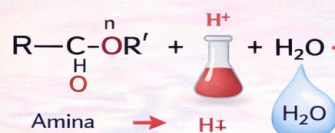
Hidrólisis de Éster

¿Qué es?

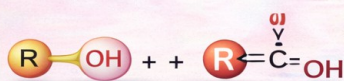
Reacción donde un **éster** se descompone en un **alcohol** y un **ácido carboxílico** mediante la adición de agua (H_2O).

Hidrólisis Ácida

En ambiente ácido

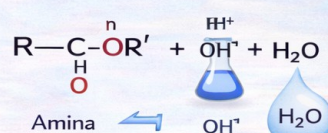


Produce un alcohol y un ácido carboxílico

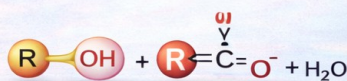


Hidrólisis Básica

En ambiente básico



Produce un alcohol y un ion carboxilato



Ejemplo:



21.3.- Saponificación

La saponificación es un caso particular muy importante de hidrólisis básica de ésteres.

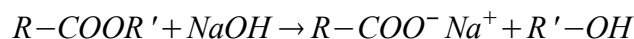
Definición académica:

La saponificación es la hidrólisis de un éster en medio básico, que produce un alcohol y la sal del ácido carboxílico correspondiente.

Cuando el éster es una grasa o un aceite, los productos son:

- **glicerina** $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$
- **sales de ácidos grasos, que constituyen los jabones.**

Ecuación general de la saponificación



Aquí:

- $R-COO^- Na^+$ es una **sal sódica de ácido carboxílico**
- $R'-OH$ es el **alcohol**.

21.4.- Ejemplo general aplicado a grasas

Las grasas y aceites son triglicéridos, es decir, triésteres formados por:

- **glicerina**
- **ácidos grasos**

Cuando reaccionan con hidróxido sódico o potásico, se rompen los tres enlaces éster y se forman:

- **glicerina**
- **jabones**

Por eso, industrial y domésticamente, la fabricación tradicional del jabón se basa en una saponificación.

21.5.- Importancia de la saponificación

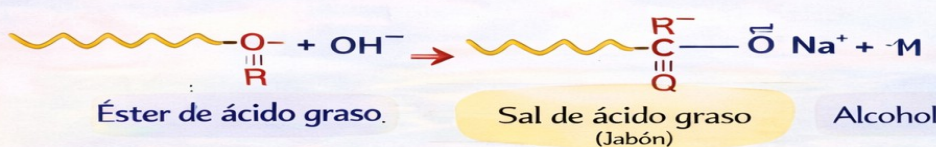
La saponificación tiene gran interés porque conecta la química orgánica con aplicaciones cotidianas. Explica:

- la obtención de jabones;
- la composición química de grasas y aceites;
- la diferencia entre un éster y su sal carboxilato.

Saponificación

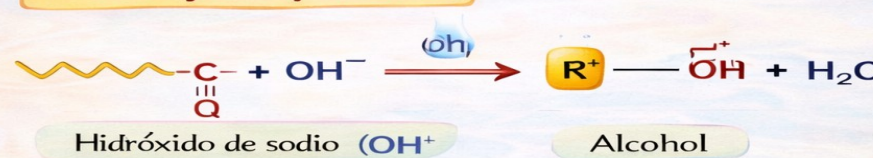
¿Qué es?

Reacción química donde un **éster de ácido graso** se descompone con una **base** para formar una **sal de ácido graso (jabón)** y alcohol.



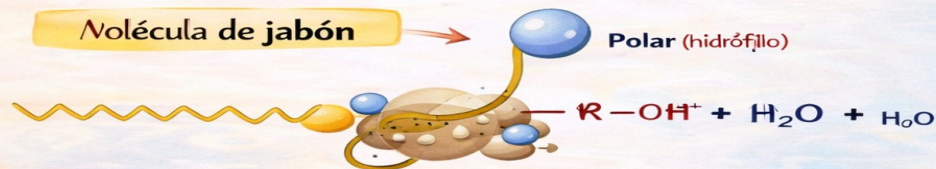
Éster de ácido graso. Sal de ácido graso (Jabón) Alcohol

Produce jabón y alcohol.



Hidróxido de sodio (OH⁻) Alcohol

Molécula de jabón



Polar (hidrófilo) $R-OH^+ + H_2O + H_2O$

Limpia emulsionando grasa

Ejemplo:

$CH_3COOCH_2 + \text{Hidróxido de sodio} \rightarrow \text{Jabón} + \text{Glicerol}$

Atácula dameine Jabón. Glicerol

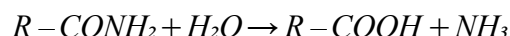
21.4.- Hidrólisis de amidas

Las amidas contienen el grupo funcional $-\text{CONH}_2$, $-\text{CONHR}$ o $-\text{CONR}_2$ y pueden considerarse derivadas de ácidos carboxílicos en los que el grupo $-\text{OH}$ ha sido sustituido por un grupo amino o derivado. Por ello, al hidrolizarse, originan nuevamente un ácido carboxílico y una especie nitrogenada.

Definición académica:

La hidrólisis de una amida es la reacción en la que esta se rompe por acción del agua, produciendo un ácido carboxílico y una amina, o amoníaco, según el tipo de amida y las condiciones del medio.

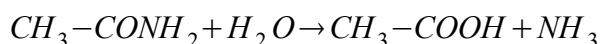
La ecuación general simplificada puede expresarse así:



o, de forma más general, $R-\text{CONH}-R' + \text{H}_2\text{O} \rightarrow R-\text{COOH} + \text{H}_2\text{N}-R'$

Ejemplo de hidrólisis de amida

Etanamida:



Se obtienen:

- ácido etanoico
- amoníaco

21.4.1.- Medio ácido y básico en la hidrólisis de amidas

Igual que en los ésteres, el medio influye en la forma final de los productos.

- **En medio ácido:** la hidrólisis conduce al ácido carboxílico y a la especie nitrogenada protonada.
- **En medio básico:** suele obtenerse la sal del ácido carboxílico y amoníaco o una amina.

A nivel de 2º de Bachillerato no suele exigirse un mecanismo detallado, pero sí entender que la amida puede romperse y transformarse en productos más simples por acción del agua.

21.4.2.- Comparación con los ésteres

Tanto ésteres como amidas pueden hidrolizarse, pero las amidas suelen ser más estables y menos reactivas que los ésteres. Por ello, su hidrólisis suele requerir condiciones más enérgicas.

Esta diferencia se relaciona con la naturaleza del enlace amida, que presenta una estabilización electrónica importante.

Hidrólisis de Amidas

¿Qué es?

Reacción donde una **amida** se descompone en un **ácido carboxílico** y una **amina** mediante la adición de agua (H_2O).

Hidrólisis Ácida

En ambiente ácido



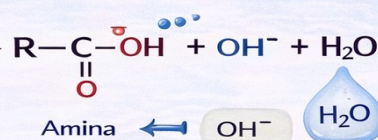
Produce un ácido carboxílico y una amina



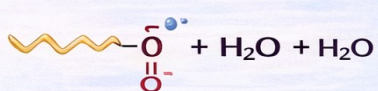
Produce un ácido carboxílico y una amina

Hidrólisis Básica

En ambiente básico

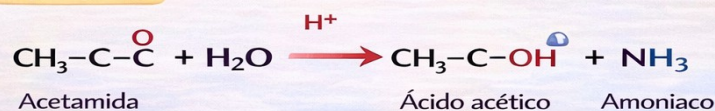


Produce un ion carboxilato y una amina



Produce un ion carboxilato y una amina

Ejemplo:



22.- Relación entre condensación e hidrólisis

Este punto es esencial conceptualmente.

La esterificación y la amidación son reacciones de condensación:

- unen dos moléculas
- eliminan agua.

La hidrólisis realiza el proceso inverso:

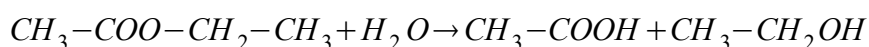
- consume agua
- rompe la molécula formada
- genera compuestos más simples

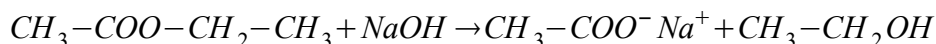
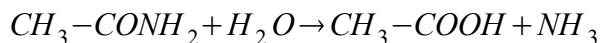
Por eso puede decirse que:

- esterificación e hidrólisis de ésteres son procesos opuestos;
- amidación e hidrólisis de amidas son procesos opuestos.

22.1.- Ejemplos resumidos

Hidrólisis de éster:



Saponificación:**Hidrólisis de amida:****22.2.- Importancia química y biológica****La hidrólisis de ésteres es importante en:**

- la digestión y transformación de grasas;
- la obtención de jabones
- muchos procesos de laboratorio.

La hidrólisis de amidas es importante en:

- la degradación de compuestos nitrogenados;
- la química de proteínas y péptidos, ya que el enlace peptídico es un tipo de enlace amida;
- procesos biológicos y tecnológicos.

22.3.- Errores frecuentes

- Un error habitual es confundir hidrólisis con hidratación. No son lo mismo.
- La hidratación consiste en añadir agua a una molécula, normalmente a un enlace múltiple.
- La hidrólisis consiste en romper una molécula por acción del agua.
- Otro error frecuente es pensar que en la saponificación se obtiene siempre un ácido carboxílico libre. En realidad, en medio básico se obtiene normalmente su sal, es decir, un carboxilato.
- También se confunde a veces el jabón con una sustancia cualquiera. Químicamente, un jabón es la sal sódica o potásica de un ácido graso.

23.- Polímeros

Los polímeros son sustancias de elevada masa molecular formadas por la unión repetida de unidades estructurales pequeñas llamadas monómeros, que se enlazan entre sí mediante enlaces covalentes para dar lugar a largas cadenas o redes tridimensionales.

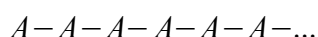
En química del carbono de 2º de Bachillerato, este concepto es fundamental porque muchos materiales de uso cotidiano, como plásticos, fibras y cauchos, están constituidos por polímeros. Además, numerosos compuestos biológicos esenciales, como proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos, también son macromoléculas de naturaleza polimérica.

Definición académica

Un polímero es una macromolécula constituida por la repetición de muchas unidades pequeñas, iguales o semejantes, llamadas monómeros, unidas entre sí por enlaces covalentes.

La palabra polímero procede del griego y significa “muchas partes”, lo que refleja precisamente su estructura: una molécula muy grande formada por la repetición de muchas unidades más simples.

Por ejemplo, si un monómero se representa como A, un polímero puede expresarse esquemáticamente como:



o bien, de forma más general: $(-A-)_n$

donde n representa el número de unidades repetidas, llamado grado de polimerización.

23.1.- Monómero y unidad repetitiva

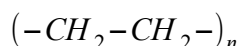
Para comprender bien qué es un polímero, hay que distinguir dos ideas:

- **El monómero** es la molécula pequeña que reacciona para formar el polímero.
- **La unidad repetitiva** es el fragmento estructural que se repite a lo largo de la cadena polimérica.
- A veces coinciden prácticamente, pero no siempre son idénticos desde el punto de vista estructural, porque durante la reacción el monómero puede reorganizar sus enlaces.

Ejemplo:

El eteno $CH_2=CH_2$ es el monómero que origina el polietileno.

- Durante la polimerización, el doble enlace se rompe y cada unidad pasa a formar parte de una cadena:



Aquí, la unidad repetitiva es esta $-CH_2-CH_2-$

23.2.- Qué es la polimerización

La polimerización es el proceso químico por el que un gran número de moléculas pequeñas, llamadas monómeros, se combinan para originar un polímero.

Por tanto:

- **monómero** = molécula pequeña inicial
- **polimerización** = proceso de unión
- **polímero** = macromolécula final.

23.3.- Características generales de los polímeros

Los polímeros presentan una serie de rasgos comunes:

- tienen gran masa molecular
- están formados por repetición de unidades estructurales
- pueden ser lineales, ramificados o reticulados;
- sus propiedades dependen de la naturaleza del monómero y de la estructura de la cadena; pueden ser naturales o sintéticos.

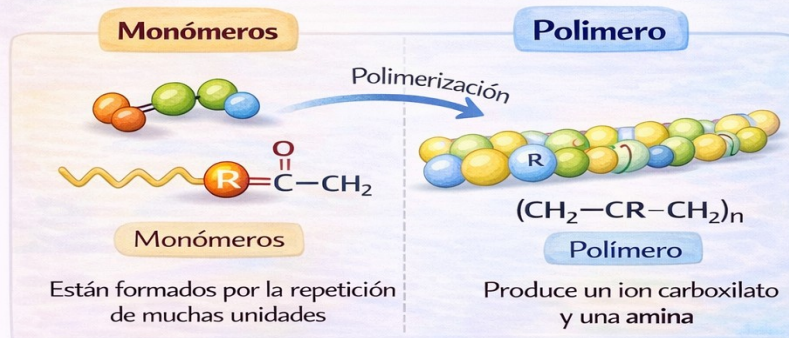
Debido a su tamaño molecular, los polímeros presentan propiedades muy diferentes de las moléculas pequeñas. Por ejemplo, suelen tener:

- mayor viscosidad;
- mayor resistencia mecánica;
- puntos de fusión o reblandecimiento característicos;
- y comportamiento plástico o elástico según su estructura.

Polimerización

¿Qué es?

Proceso químico en el que **monómeros** (moléculas pequeñas) se unen para formar moléculas grandes llamadas **polímeros**.



Características Generales:

- ✓ Están formados por la repetición de muchas **unidades** pequeñas llamadas **monómeros**.
- ✓ Pueden ser **naturales** (como el ADN, proteínas y celulosa) o sintéticos (plásticos, nylon, etc.).
- ✓ Tienen una **estructura molecular en forma de cadena**.
- ✓ Son útiles en una amplia variedad de **aplicaciones**, como plásticos, textiles, medicamentos y más.



23.4.- Clasificación de los polímeros

En 2º de Bachillerato suele ser útil clasificarlos según varios criterios.

23.4.1.- Según su origen

a) Polímeros naturales : Son los que se encuentran en la naturaleza o son producidos por los seres vivos.

Ejemplos:

- celulosa
- almidón
- proteínas
- ADN
- caucho natural
- La celulosa, por ejemplo, es un polímero natural formado por muchas unidades de glucosa.

b) Polímeros sintéticos: Son los obtenidos artificialmente mediante síntesis química industrial.

Ejemplos:

- polietileno
- PVC
- poliestireno
- nylon
- teflón.



- Estos materiales tienen enorme importancia tecnológica e industrial.

23.4.2.- Según la composición de los monómeros

a) Homopolímeros: Están formados por la repetición de un único tipo de monómero.

Ejemplo: el polietileno $\text{Polietileno}:(-CH_2-CH_2-)_n$ procede solo del eteno.

b) Copolímeros: Están formados por dos o más tipos distintos de monómeros.

Ejemplo: algunos cauchos sintéticos y ciertos materiales plásticos industriales.

Clasificación de Polímeros

Según la **Composición** de los Monómeros

Homopolímeros

Formados por un solo tipo de monómero.



Ej: Polietileno (PE)
— A-A-A-A-A-A —

Copolímeros

Formados por dos o más tipos de monómeros.

Copolímero Alterno



Copolímero en Bloque



Copolímero Injertado



Polímeros Heterogéneos

Contienen distintos sistemas monoméricos.

Polímero de Condensación



Polímero de Adición



23.4.3.- Según su estructura

a) Polímeros lineales

Las unidades se unen formando cadenas largas no ramificadas.
Ejemplo: muchos tipos de polietileno.

b) Polímeros ramificados

La cadena principal presenta cadenas laterales.

c) Polímeros reticulados o tridimensionales

Las cadenas están unidas entre sí formando una red.
Estos suelen ser más rígidos y menos deformables.

Tipos de Polímeros según su Estructura

Polímero Lineal

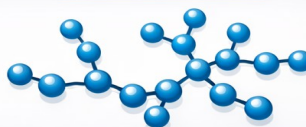
Cadenas Lineales



- Cadenas de polímeros en forma de líneas rectas.

Polímero Ramificado

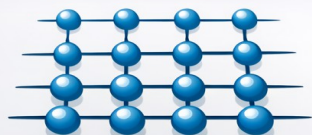
Cadenas Ramificadas



- Cadenas con ramificaciones laterales.

Polímero Reticulado

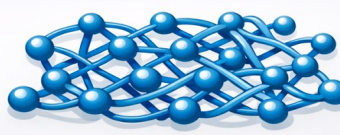
Estructura Reticulada



- Red tridimensional con enlaces cruzados.

Polímero entrecruzado

Estructura Entrecruzada



- Cadenas entrelazadas y entrecruzadas.

23.5.- Tipos de polimerización

A nivel de 2º de Bachillerato, la clasificación más importante es la que distingue entre polimerización por adición y polimerización por condensación.

23.5.1.- Polimerización por adición

En este tipo de polimerización, los monómeros se unen sin eliminación de moléculas pequeñas. Suele ocurrir con monómeros que poseen dobles enlaces C=C.

La polimerización por adición es aquella en la que los monómeros se unen sucesivamente sin pérdida de átomos, de modo que la composición elemental del polímero corresponde a la suma de los monómeros.

Ejemplo clásico: $n \text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$

- **Monómero:** eteno
- **Polímero:** polietileno
- Aquí se rompe el doble enlace del eteno y se forma una cadena larga de enlaces simples.

Otros ejemplos importantes:

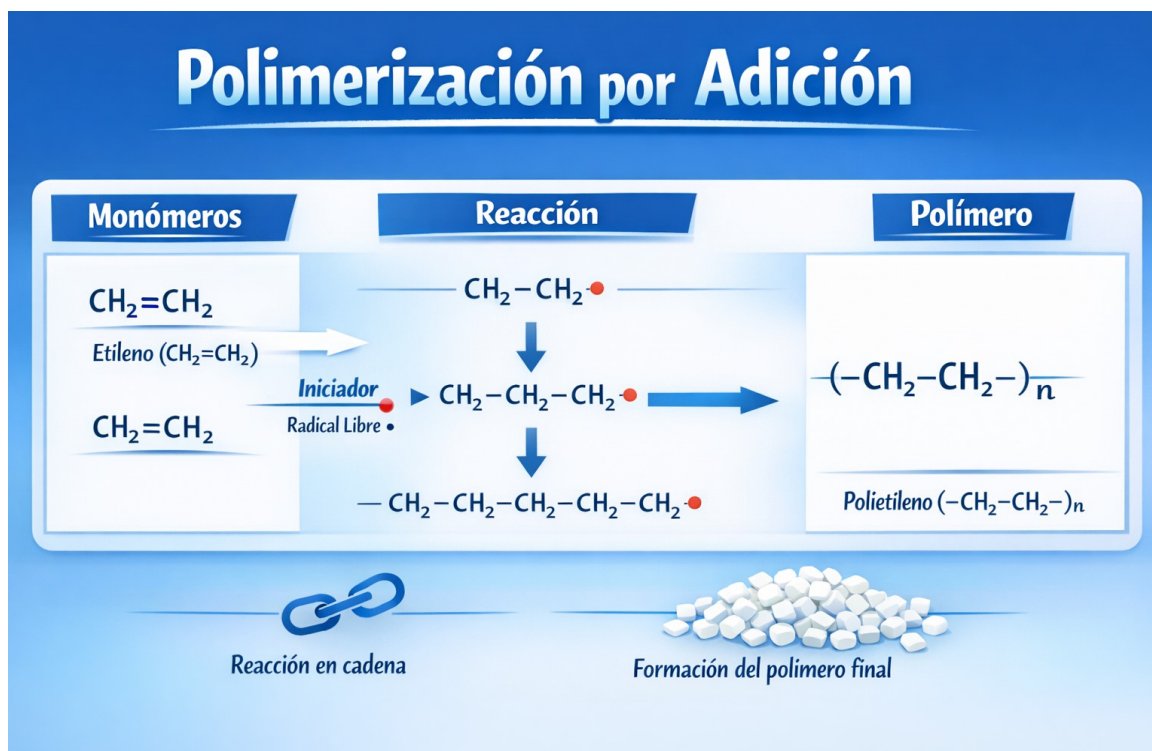
PVC, policloruro de vinilo $n \text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$

Poliestireno $n \text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$

teflón o politetrafluoroetileno $n \text{CF}_2=\text{CF}_2 \rightarrow (-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$

Características de la polimerización por adición:

- parte de monómeros insaturados;
- se rompe el enlace π ;
- no se elimina ninguna molécula pequeña;
- da lugar a cadenas largas.



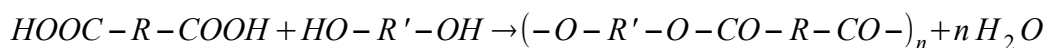
23.5.2.- Polimerización por condensación

En este caso, los monómeros se unen con eliminación de moléculas pequeñas, como agua, HCl o metanol.

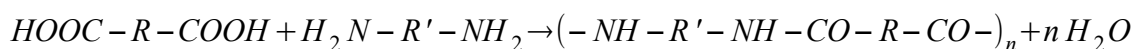
- La polimerización por condensación es aquella en la que los monómeros se unen entre sí mediante reacciones sucesivas que van acompañadas de la eliminación de moléculas pequeñas.
- Este tipo de polimerización requiere normalmente monómeros con dos grupos funcionales, uno en cada extremo o al menos dos puntos reactivos, para poder seguir formando cadena.

Ejemplo general:

- ácido dicarboxílico + diol $\rightarrow$ poliéster + agua



- ácido dicarboxílico + diamina $\rightarrow$ poliamida + agua



- Un ejemplo muy conocido es el nylon, que pertenece a las poliamidas.

Características de la polimerización por condensación:

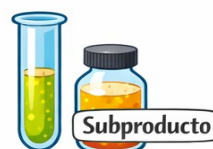
- intervienen monómeros bifuncionales
- se elimina una molécula pequeña
- pueden formarse poliésteres, poliamidas y otros polímeros
- el proceso está relacionado con reacciones de condensación repetidas.

Características de la Polimerización por Condensación

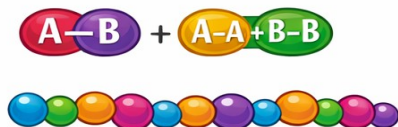
Se unen dos monómeros liberando una molécula pequeña



Se genera un subproducto



Se pueden usar monómeros diferentes



Proceso más lento



Forma polímeros con la eliminación de agua u otras moléculas

23.6.- Relación entre estructura y propiedades

La estructura del polímero determina en gran medida sus propiedades físicas.

- Un polímero lineal puede presentar mayor flexibilidad que uno muy reticulado.
- Un polímero muy ramificado puede tener distinta densidad y distinto punto de reblandecimiento que otro lineal.
- Si existen fuerzas intermoleculares intensas entre cadenas, el material puede ser más resistente.
- Si la estructura permite movilidad de las cadenas, el material puede ser más elástico o flexible.
- Por tanto, no basta con conocer el monómero: también importa cómo están organizadas las cadenas del polímero.

23.7.- Plásticos, fibras y elastómeros

Una clasificación práctica de muchos polímeros sintéticos distingue:

Plásticos:

- materiales moldeables que pueden deformarse en determinadas condiciones.
- Ejemplo: polietileno, PVC, poliestireno.

Fibras:

- polímeros que pueden hilarse formando hilos resistentes.
- Ejemplo: nylon, poliéster.

Elastómeros:

- polímeros con gran elasticidad.
- Ejemplo: caucho natural y ciertos cauchos sintéticos.

23.8.- Termoplásticos y termoestables

También suele explicarse una clasificación sencilla según el comportamiento frente al calor.

Termoplásticos:

- se ablandan al calentarse y pueden moldearse repetidamente.
- Ejemplos: polietileno, PVC, poliestireno.

Termoestables:

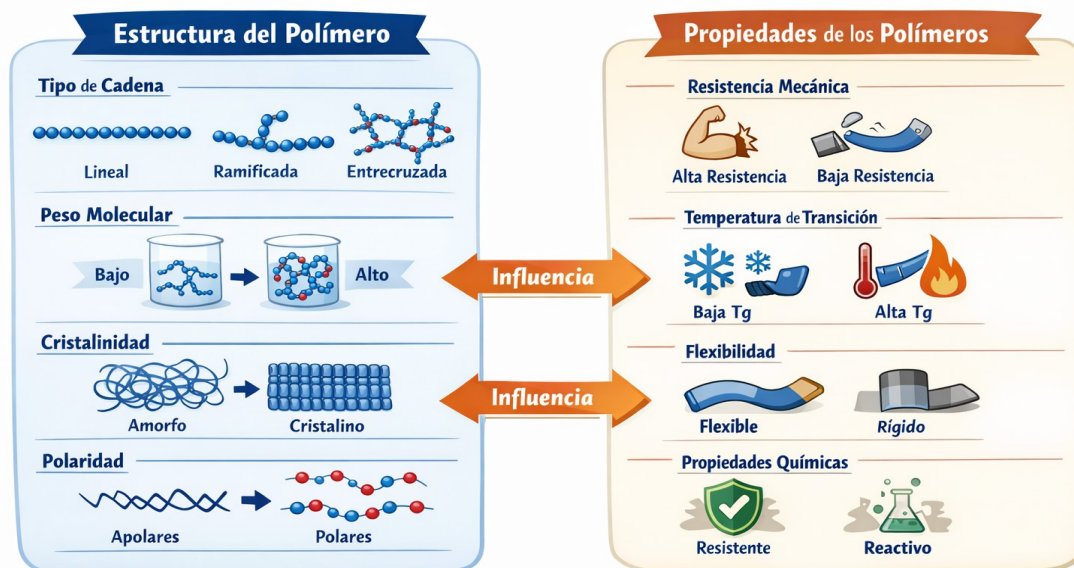
- una vez moldeados, no se reblandecen de nuevo fácilmente al calentar, porque presentan estructura muy reticulada.
- Ejemplos: algunas resinas.

23.9.- Importancia de los polímeros

Los polímeros son fundamentales en la vida cotidiana y en la industria moderna.

- envases
- ropa
- material sanitario
- componentes eléctricos
- piezas de automóviles;
- materiales de construcción;
- adhesivos
- pinturas;
- biomoléculas esenciales.
- Además, su estudio tiene gran importancia ambiental, porque muchos polímeros sintéticos son poco biodegradables y generan problemas de contaminación si no se gestionan adecuadamente.

Relación entre Estructura y Propiedades de los Polímeros



23.10.- Errores frecuentes

- Un error habitual es confundir polímero con plástico. No todo polímero es un plástico; también existen fibras, elastómeros y polímeros naturales biológicos.
- Otro error frecuente es pensar que todos los polímeros son sintéticos. Es falso: muchos son naturales, como la celulosa o las proteínas.
- También se confunde a veces monómero con polímero. El monómero es la unidad pequeña de partida; el polímero es la macromolécula resultante.
- Y conviene no identificar toda polimerización con adición, porque también existe la polimerización por condensación.

24.- Alcanos – Alquenos – Alquinos

En síntesis química orgánica, los alcanos, alquenos y alquinos son hidrocarburos que se diferencian por el tipo de enlace carbono-carbono que contienen, y esa diferencia determina su estructura, su fórmula general y, sobre todo, su reactividad.

Definición general

Los alcanos, alquenos y alquinos son compuestos orgánicos formados exclusivamente por carbono e hidrógeno.

Se clasifican según la naturaleza del enlace entre los átomos de carbono:

- los alcanos presentan solo enlaces simples
- los alquenos presentan al menos un doble enlace
- los alquinos presentan al menos un triple enlace
- Esta clasificación es fundamental en química del carbono porque cada familia tiene propiedades y reacciones características, y muchas síntesis orgánicas consisten precisamente en transformar una de estas familias en otra.

24.1.- Alcanos

Los alcanos son hidrocarburos saturados que contienen únicamente enlaces simples C–C y C–H.

Definición académica:

Los alcanos son hidrocarburos alifáticos saturados en los que todos los enlaces carbono-carbono son simples.

Se llaman saturados porque cada carbono está unido al máximo número posible de átomos mediante enlaces simples.

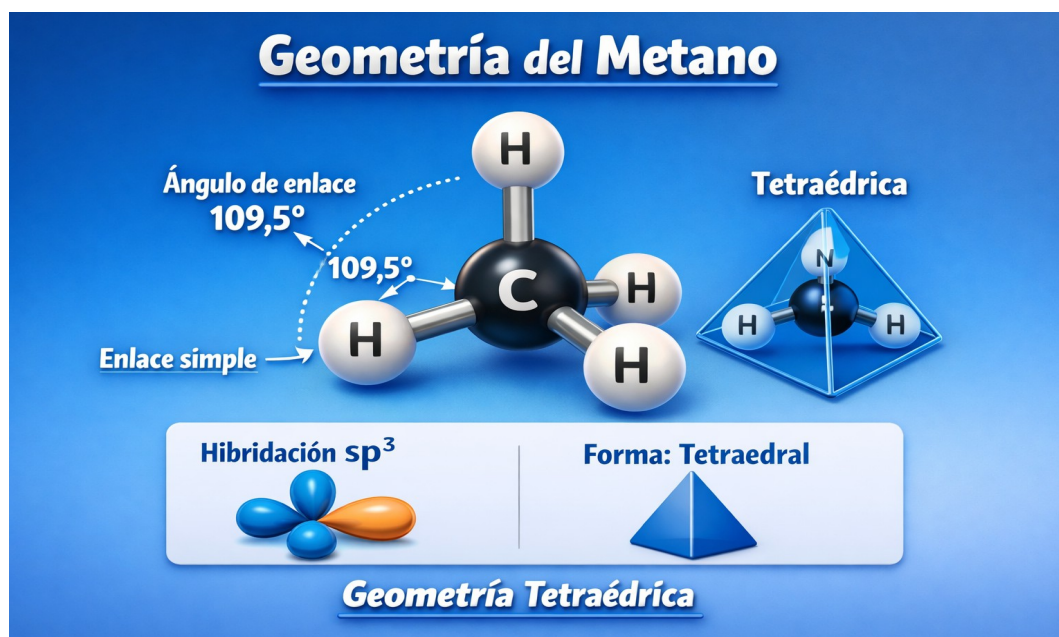
Su fórmula general, para cadenas abiertas, es: $C_n H_{2n+2}$

Ejemplos:

- metano $\rightarrow CH_4$
- etano $\rightarrow C_2H_6$
- propano $\rightarrow C_3H_8$
- butano $\rightarrow C_4H_{10}$

Características principales:

- presentan enlaces simples σ ;
- los carbonos suelen estar hibridados sp^3 ;
- su geometría alrededor de cada carbono es tetraédrica;
- son poco reactivos en comparación con alquenos y alquinos.



En síntesis química, los alcanos son menos útiles como punto de partida inmediato para muchas transformaciones, porque su baja reactividad hace más difícil modificar su estructura.

Sus reacciones más típicas son:

- combustión
- sustitución radicalaria con halógenos.



24.2.- Alquenos

Los alquenos son hidrocarburos insaturados que contienen al menos un doble enlace carbono-carbono.

Definición académica:

Los alquenos son hidrocarburos alifáticos insaturados que presentan uno o más dobles enlaces C=C.

Se llaman insaturados porque no contienen el número máximo posible de hidrógenos; el doble enlace implica una menor saturación de hidrógeno respecto al alcano correspondiente.

Su fórmula general, para cadenas abiertas con un solo doble enlace, es: $C_n H_{2n}$

Ejemplos:

- eteno $\rightarrow C_2H_4$
- propeno $\rightarrow C_3H_6$
- buteno $\rightarrow C_4H_8$

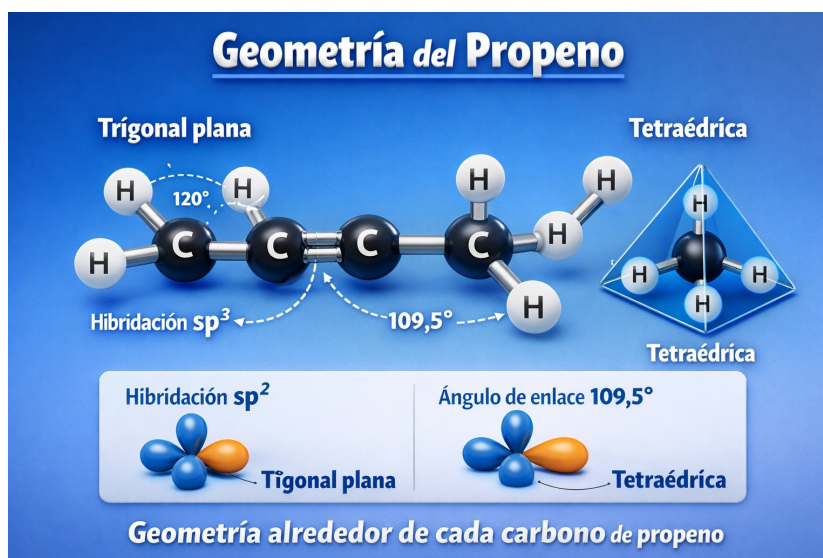
Características principales:

- contienen un enlace doble formado por un enlace σ y un enlace π ;
- los carbonos del doble enlace suelen estar hibridados sp^2 ;
- la geometría alrededor del doble enlace es trigonal plana;
- presentan mayor reactividad que los alcanos.
- En síntesis química, los alquenos son muy importantes porque el doble enlace actúa como centro reactivo y permite muchas transformaciones.

Sus reacciones más características son las de adición.

Ejemplos:

- **hidrogenación** $CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$
- **halogenación** $CH_2=CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH_2Br$
- **hidratación** $CH_2=CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3-CH_2OH$
- Por ello, en síntesis orgánica, un alqueno puede transformarse en alcoholes, halogenuros, alcanos y muchos otros compuestos.



24.3.- Alquinos

Los alquinos son hidrocarburos insaturados que contienen al menos un triple enlace carbono-carbono.

Definición académica:

Los alquinos son hidrocarburos alifáticos insaturados que presentan uno o más triples enlaces $C\equiv C$.

Su fórmula general, para cadenas abiertas con un solo triple enlace, es: $C_n H_{2n-2}$

Ejemplos:

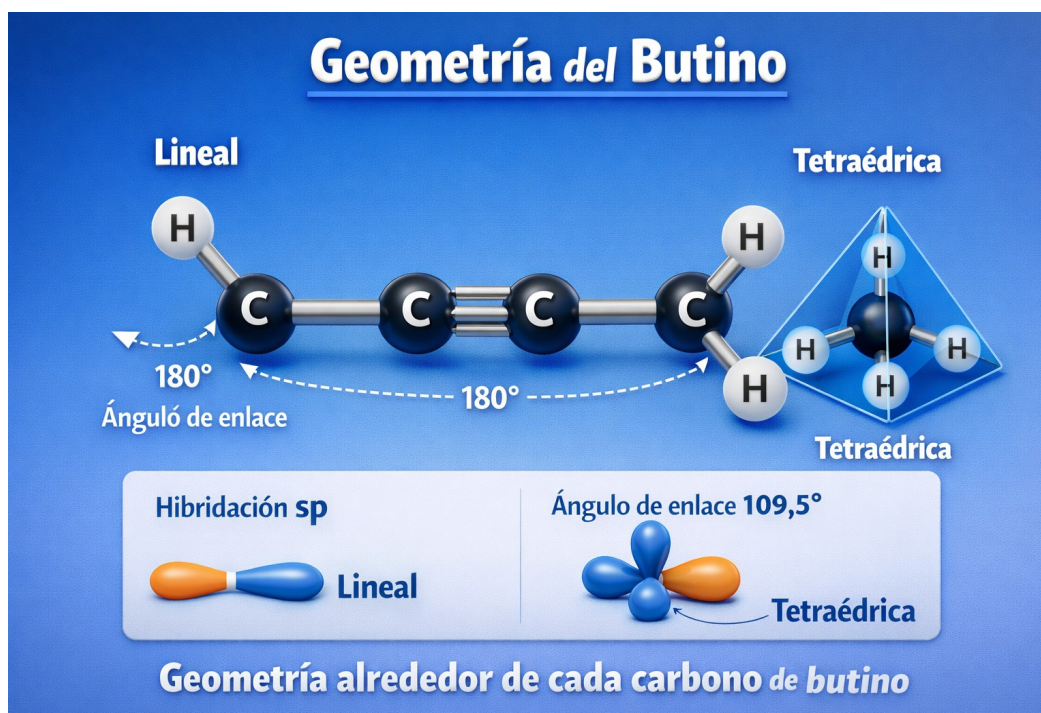
- etino $\rightarrow C_2H_2$
- propino $\rightarrow C_3H_4$
- butino $\rightarrow C_4H_6$

Características principales:

- contienen un triple enlace formado por un enlace σ y dos enlaces π ;
- los carbonos del triple enlace suelen estar hibridados sp ;
- la geometría es lineal;
- son compuestos insaturados y bastante reactivos.
- En síntesis química, los alquinos también son muy importantes porque el triple enlace permite múltiples transformaciones, tanto por adición como por reducción parcial o total.

Ejemplos:

- **hidrogenación completa** $HC\equiv CH + 2 H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$
- **hidrogenación parcial** $HC\equiv CH + H_2 \rightarrow CH_2=CH_2$
- **halogenación** $HC\equiv CH + Br_2 \rightarrow CHBr=CHBr$
- De este modo, un alquino puede transformarse en alqueno, alcano o derivados halogenados.



24.4.- Comparación entre alcanos, alquenos y alquinos

La diferencia esencial entre estas tres familias está en el tipo de enlace entre carbonos, y esto condiciona sus propiedades.

Alcanos:

- solo enlaces simples
- son saturados
- menos reactivos.
- carbono sp^3

Alquenos:

- al menos un doble enlace
- son insaturados
- más reactivos.
- carbono sp^2

Alquinos:

- al menos un triple enlace
- son insaturados
- muy reactivos y con posibilidad de varias adiciones.
- carbono sp

24.5.- Importancia en síntesis química

En síntesis orgánica, estas tres familias se relacionan entre sí mediante reacciones de transformación.

- De alcano a halogenuro: por sustitución radicalaria.
- De alqueno a alcano: por hidrogenación.
- De alqueno a alcohol: por hidratación.
- De alcohol a alqueno: por eliminación de agua.
- De alquino a alqueno: por hidrogenación parcial.
- De alquino a alcano: por hidrogenación total.

Por tanto, estos compuestos no se estudian solo como familias aisladas, sino como etapas o intermediarios en rutas de síntesis.

24.6.- Ejemplos de transformación en síntesis

- eteno $\rightarrow$ etanol $CH_2=CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3-CH_2OH$
- etino $\rightarrow$ eteno $\rightarrow$ etano $HC \equiv CH + H_2 \rightarrow CH_2=CH_2 \rightarrow CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$
- Estos ejemplos muestran que la síntesis química del carbono consiste muchas veces en pasar de una familia a otra mediante reacciones adecuadas.

25.- Alcoholes - Aldehídos - Cetonas

Los alcoholes, aldehídos y cetonas son compuestos orgánicos que contienen oxígeno en su estructura, pero se diferencian por el grupo funcional que presentan:

- alcoholes contienen el grupo hidroxilo, -OH
- aldehídos contienen el grupo carbonilo terminal, -CHO
- cetonas contienen el grupo carbonilo interno, >C=O

La presencia de estos grupos funcionales determina su estructura, su polaridad y su reactividad. Por ello, en síntesis química del carbono, estas familias tienen gran importancia como compuestos de partida, intermediarios de reacción o productos finales.

25.1.- Alcoholes

Los alcoholes son compuestos orgánicos derivados de los hidrocarburos en los que uno o varios átomos de hidrógeno han sido sustituidos por grupos hidroxilo, -OH , unidos a carbonos saturados.

- **Su fórmula general más simple puede representarse como:**

$R\text{-OH}$ donde R es un radical alquilo.

Ejemplos:

- metanol $\rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$
- etanol $\rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$
- propan-2-ol $\rightarrow \text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$

25.1.1.- Características de los alcoholes

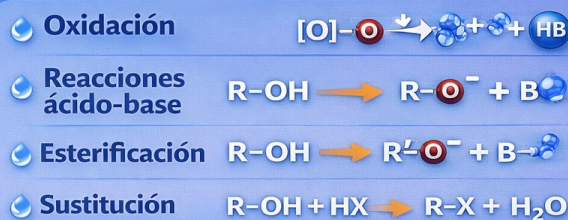
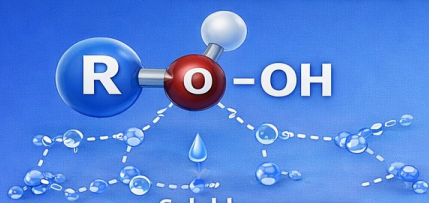
Los alcoholes presentan:

- grupo funcional hidroxilo
- enlaces polares C-O y O-H
- capacidad para formar puentes de hidrógeno
- mayor punto de ebullición que hidrocarburos de masa molecular semejante
- reactividad asociada principalmente al grupo -OH .

En síntesis química, los alcoholes son muy importantes porque pueden sufrir varias transformaciones:

- oxidación
- eliminación de agua
- sustitución del grupo -OH
- esterificación.

Características de los Alcoholes



Transformaciones típicas de los Alcoholes



25.1.2.- Clasificación de los alcoholes

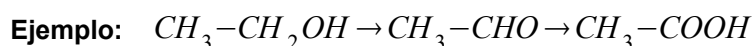
Según el tipo de carbono que porta el grupo $-OH$, se distinguen:

- **alcohol primario**, cuando el carbono del $-OH$ está unido a un solo carbono o a ninguno;
- **alcohol secundario**, cuando está unido a dos carbonos;
- **alcohol terciario**, cuando está unido a tres carbonos.
- Esta clasificación es muy importante porque condiciona su oxidación.

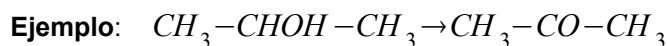
25.1.3.- Reactividad de los alcoholes en síntesis química

a) Oxidación

Los alcoholes primarios pueden oxidarse a aldehídos y, si la oxidación continúa, a ácidos carboxílicos.



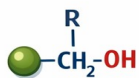
Los alcoholes secundarios se oxidan a cetonas.



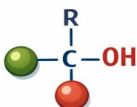
Los alcoholes terciarios no se oxidan fácilmente en condiciones suaves, porque el carbono que porta el $-OH$ no tiene hidrógeno disponible para esa transformación.

CLASIFICACIÓN DE ALCOHOLES Y REACTIVIDAD

Clasificación de Alcoholes



Carbono unido a un solo grupo alquilo



Carbono unido a dos grupos alquilo



Carbono unido a tres grupos alquilo

Reacciones de los Alcoholes

Oxidación



Ácido Carboxílico

Esterificación



Éster y Agua

Sustitución

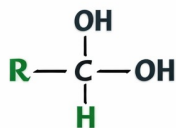


Haluro de Alquilo

Clasificación de Alcoholes

Según el tipo de carbono que porta el grupo $-OH$

Alcohol Primario

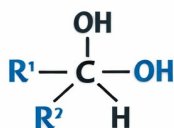


Carbono unido a 1 átomo de hidrógeno



Carbono Primario

Alcohol Secundario

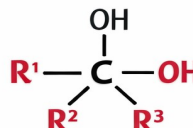


Carbono unido a 2 grupos alquilo



Carbono Secundario

Alcohol Terciario



Carbono unido a 3 grupos alquilo



Carbono Terciario

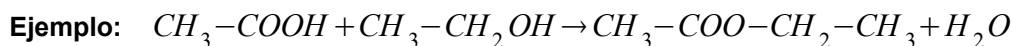
b) Eliminación o deshidratación

Los alcoholes pueden perder una molécula de agua y transformarse en alquenos.



c) Esterificación

Los alcoholes reaccionan con ácidos carboxílicos para formar ésteres



Por ello, los alcoholes son compuestos de enorme utilidad en síntesis orgánica.

25.3 Aldehídos

Los aldehídos son compuestos orgánicos que presentan el grupo funcional $-CHO$, es decir, un grupo carbonilo unido al menos a un átomo de hidrógeno.

Su fórmula general se representa como: $R-CHO$

Ejemplos:

- metanal $\rightarrow H-CHO$
- etanal $\rightarrow CH_3-CHO$
- propanal $\rightarrow CH_3-CH_2-CHO$

25.3.1.- Estructura y características de los aldehídos

El grupo carbonilo, $C=O$, es muy polar porque el oxígeno atrae con fuerza la densidad electrónica.

Como consecuencia:

- el oxígeno queda parcialmente negativo;
- el carbono queda parcialmente positivo.
- Esto convierte al carbono del grupo carbonilo en un centro reactivo.

Los aldehídos presentan:

- grupo carbonilo terminal
- geometría trigonal plana alrededor del carbono carbonílico
- polaridad considerable
- gran reactividad frente a oxidación y otras transformaciones.

Estructura y Características de los Aldehídos

Estructura General

Grupo carbonilo ($C=O$)

Hidrógeno unido al carbonilo

$R-CHO$

Grupo carbonilo ($C=O$)

Características

-  Son compuestos orgánicos que contienen un grupo carbonilo ($C=O$) unido a un hidrógeno y a un grupo alquilo o arilo (R).
-  Son solubles en agua debido a los enlaces de hidrógeno que forman con las moléculas de agua.
-  Son buenos reactivos en reacciones de oxidación y formación de enlaces con compuestos nucleofílicos.
-  Aldehídos simples como el formaldehído y el acetaldehído son inflamables y pueden ser tóxicos.

25.3.2.- Formación de aldehídos en síntesis química

Los aldehídos pueden obtenerse principalmente por oxidación suave de alcoholes primarios.



Esta transformación es muy importante porque permite pasar de un alcohol a un compuesto carbonílico.

25.3.3.- Reactividad de los aldehídos

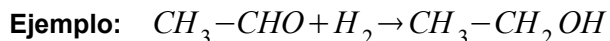
a) Oxidación: Los aldehídos se oxidan con facilidad a ácidos carboxílicos.



Esta facilidad de oxidación es una diferencia muy importante respecto a las cetonas.

b) Reducción

Los aldehídos pueden reducirse a alcoholes primarios.



c) Reacciones del grupo carbonilo

En un tratamiento general de 2º de Bachillerato basta con entender que el grupo carbonilo hace al aldehído reactivo y permite transformarlo en otros compuestos oxigenados.

25.3.4.- Importancia de los aldehídos en síntesis

Los aldehídos son intermedios de síntesis muy útiles porque pueden:

- obtenerse a partir de alcoholes primarios
- oxidarse a ácidos carboxílicos
- reducirse nuevamente a alcoholes
- Por ello ocupan una posición intermedia muy importante en muchas rutas de transformación.

25.4.- Cetonas

Las cetonas son compuestos orgánicos que presentan un grupo carbonilo, $>C=O$, unido a dos átomos de carbono.

Su fórmula general se representa como: $R-CO-R'$

Ejemplos:

- **propanona** $\rightarrow CH_3-CO-CH_3$
- **butanona** $\rightarrow CH_3-CO-CH_2-CH_3$

25.4.1.- Estructura y características de las cetonas

Las cetonas presentan, igual que los aldehídos:

- grupo carbonilo;
- enlace muy polar $C=O$;
- geometría trigonal plana en el carbono carbonílico.
- Sin embargo, el grupo carbonilo está situado en el interior de la cadena, no en un extremo. Esta diferencia estructural condiciona su reactividad.

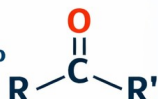
Cetonas

Estructura



• Grupo Carbonilo – $\text{C}=\text{O}$

• Carbono unido a dos grupos alquilo (R y R')



Ejemplo:



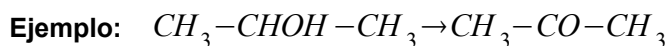
Características

- Contienen un **grupo carbonilo** unido a dos **radicales alquilo**.
- No tienen **hidrógeno** unido al carbono carbonilo.
- Son menos reactivas que los **aldehídos**.
- Solubles en agua y disolventes orgánicos.



25.4.2.- Formación de cetonas en síntesis química

Las cetonas se obtienen típicamente por oxidación de alcoholes secundarios.

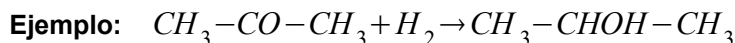


Así, la oxidación de un alcohol secundario conduce a una cetona.

25.4.3.- Reactividad de las cetonas

a) Reducción

Las cetonas pueden reducirse a alcoholes secundarios.



b) Oxidación

Las cetonas no se oxidan fácilmente en condiciones suaves, a diferencia de los aldehídos. Esta es una diferencia clave entre ambas familias.

Por tanto:

aldehído → se oxida fácilmente

cetona → no se oxida fácilmente en condiciones ordinarias de oxidación suave.

25.4.4.- Importancia de las cetonas en síntesis

Las cetonas son compuestos intermedios muy importantes porque:

- se obtienen a partir de alcoholes secundarios
- pueden reducirse a alcoholes
- contienen un grupo carbonilo muy reactivo.

25.5.- Relación entre alcoholes, aldehídos y cetonas en síntesis química

Estas tres familias están estrechamente relacionadas por transformaciones de oxidación y reducción.

Un alcohol primario puede oxidarse a aldehído, y este puede oxidarse a ácido carboxílico.

Esquema:

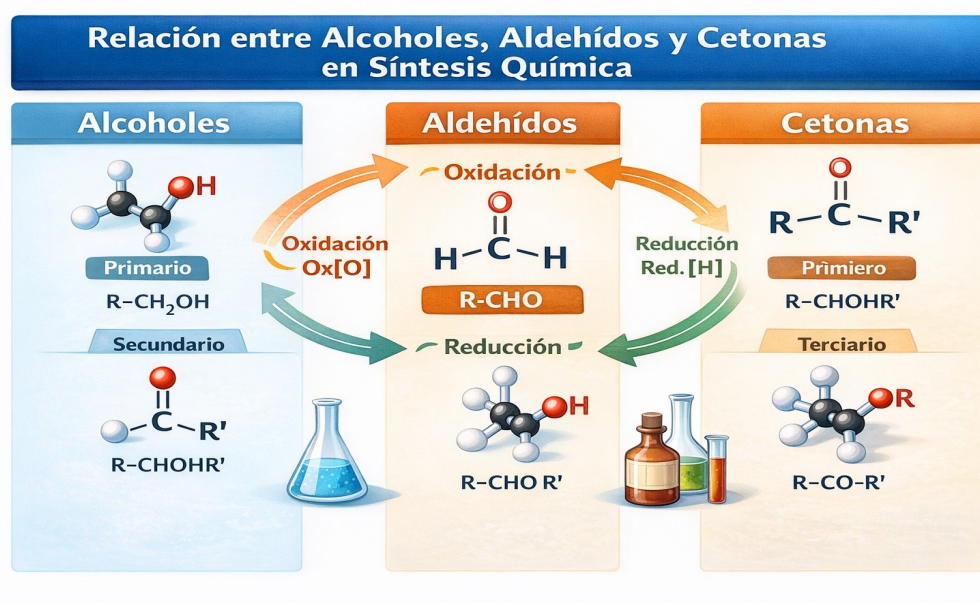
alcohol primario → aldehído → ácido carboxílico

Un alcohol secundario puede oxidarse a cetona.

Esquema:

alcohol secundario → cetona

- A su vez:
un aldehído puede reducirse a alcohol primario
una cetona puede reducirse a alcohol secundario.
- Por ello, alcoholes, aldehídos y cetonas forman una red de transformaciones fundamentales en síntesis orgánica.



26.- Reacciones Redox en Síntesis Química

Las reacciones redox en síntesis química orgánica son transformaciones en las que cambia el estado de oxidación de uno o varios átomos de carbono de una molécula.

En química del carbono de 2º de Bachillerato, este tipo de reacciones es fundamental porque permite comprender cómo un compuesto orgánico puede transformarse en otro mediante ganancia o pérdida relativa de oxígeno, hidrógeno o electrones.

Definición académica

Una reacción de oxidación-reducción, o reacción redox, es aquella en la que una especie química se oxida y otra se reduce, produciéndose una transferencia electrónica real o formal entre ellas.

Aplicado a química orgánica, este concepto suele interpretarse de forma estructural:

un compuesto orgánico se oxida cuando aumenta el número de enlaces del carbono con oxígeno, nitrógeno o halógenos, o cuando disminuye el número de enlaces del carbono con hidrógeno.

26.1.- Idea fundamental de redox en química del carbono

En química inorgánica, una reacción redox suele analizarse mediante transferencia de electrones y variación del número de oxidación. En química orgánica, aunque esa idea sigue siendo válida, resulta más práctico observar cómo cambia el entorno del átomo de carbono.

Por tanto, en síntesis orgánica conviene fijarse en si el carbono:

- gana enlaces con oxígeno
- pierde enlaces con hidrógeno
- gana enlaces con hidrógeno
- pierde enlaces con oxígeno.

Ejemplo sencillo: $CH_3-CH_2OH \rightarrow CH_3-CHO$

Aquí el carbono funcional pasa de alcohol a aldehído. Ha aumentado su grado de oxidación, por lo que se trata de una oxidación.

En cambio: $CH_3-CHO \rightarrow CH_3-CH_2OH$

Aquí el aldehído pasa a alcohol. El carbono funcional se reduce.

26.2.- Oxidación en química orgánica

La oxidación de un compuesto orgánico consiste en el aumento del grado de oxidación de uno o varios átomos de carbono.

De manera práctica, en este nivel, se reconoce porque:

- aumentan los enlaces C–O
- o disminuyen los enlaces C–H.

26.2.1.- Casos típicos de oxidación

a) Alcohol primario → aldehído $CH_3-CH_2OH \rightarrow CH_3-CHO$

El etanol se oxida a etanal.

Aquí el carbono que porta el grupo funcional pasa de estar unido a –OH y a dos H, a estar unido a un oxígeno mediante doble enlace y a un solo H. Esto supone oxidación.

b) Aldehído → ácido carboxílico $CH_3-CHO \rightarrow CH_3-COOH$

El etanal se oxida a ácido etanoico.

Aquí el carbono del grupo aldehído aumenta aún más su unión efectiva al oxígeno. Por tanto, vuelve a oxidarse.

c) Alcohol primario → ácido carboxílico

Si la oxidación continúa: $CH_3-CH_2OH \rightarrow CH_3-CHO \rightarrow CH_3-COOH$

La transformación global del alcohol primario en ácido carboxílico es una oxidación fuerte o completa.

d) Alcohol secundario → cetona $CH_3-CH(OH)-CH_3 \rightarrow CH_3-CO-CH_3$

El propan-2-ol se oxida a propanona.

Aquí el carbono del alcohol secundario pierde hidrógeno y forma un grupo carbonilo. Es una oxidación.

Casos Típicos de Oxidación en Síntesis Orgánica

Oxidación de Alcoholes Primarios a Aldeídos	
$\text{R}-\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{Oxidación}} \text{R}-\text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$ Alcohol Primario Aldehído	
Oxidación de Alcoholes Secundarios a Cetonas	
$\text{R}-\text{CH}(\text{OH})-\text{R}' \xrightarrow{\text{Oxidación}} \text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}' + \text{H}_2\text{O}$ Alcohol Secundario Cetona	
Oxidación de Aldeídos a Ácidos Carboxílicos	
$\text{R}-\text{CHO} \xrightarrow{\text{Oxidación}} \text{R}-\text{COOH}$ Aldehído Ácido Carboxílico	

26.3.- Compuestos que no se oxidan fácilmente en condiciones suaves

Las cetonas no suelen oxidarse fácilmente en condiciones suaves, porque ello implicaría romper enlaces C-C, lo que requiere condiciones más drásticas.

Los alcoholes terciarios tampoco se oxidan fácilmente en condiciones suaves, porque el carbono que porta el -OH no tiene hidrógeno unido que pueda perderse en esa transformación.

Este punto es importante en 2º de Bachillerato:

- alcohol primario → sí se oxida;
- alcohol secundario → sí se oxida;
- alcohol terciario → no se oxida fácilmente en condiciones suaves.

Oxidación de Alcoholes en Condiciones Suaves

Alcohol Primario	Alcohol Secundario	Alcohol Terciario
$\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$ ✓ SÍ SE OXIDA ↓ $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ Aldehído	$\text{R}-\text{CH}(\text{OH})-\text{R}'$ ✓ SÍ SE OXIDA ↓ $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'$ Cetona	$\text{R}-\text{C}(\text{OH})(\text{R}')(\text{R}'')$ ✗ NO SE OXIDA FÁCILMENTE en condiciones suaves

26.3.- Reducción en química orgánica

La reducción de un compuesto orgánico consiste en la disminución del grado de oxidación de uno o varios átomos de carbono.

En términos prácticos, suele reconocerse porque:

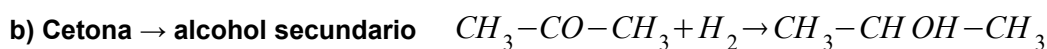
- aumentan los enlaces C-H;
- o disminuyen los enlaces C-O.

26.3.1.- Casos típicos de reducción

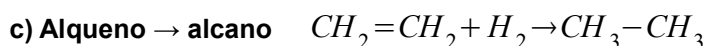


El etanal se reduce a etanol.

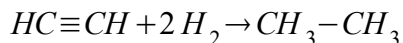
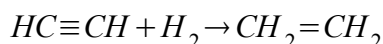
Aquí el carbono carbonílico gana hidrógeno y pierde grado de oxidación.



La propanona se reduce a propan-2-ol.



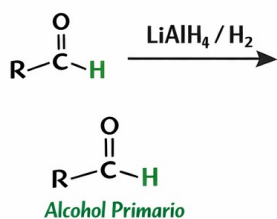
Aunque aquí no interviene oxígeno, también se trata de una reducción, porque la molécula gana hidrógeno.



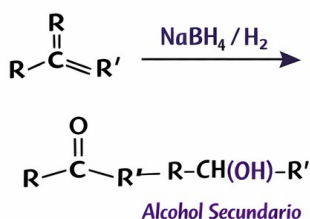
Estas hidrogenaciones son reducciones, ya que aumentan los enlaces con hidrógeno.

Casos típicos de reducción en química orgánica

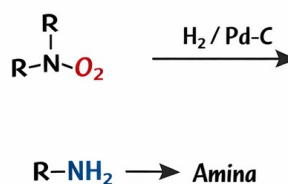
Reducción de Aldehídos



Reducción de Cetonas



Reducción de Compuestos Nitrogenados



26.4.- Agentes oxidantes y reductores más comunes en este nivel

En 2º de Bachillerato no suele exigirse un catálogo exhaustivo, pero sí conviene conocer algunos ejemplos generales.

a) Oxidantes frecuentes

- Permanganato potásico $KMnO_4$
- Dicromato potásico $K_2Cr_2O_7$
- Oxígeno, O_2 , en combustiones u oxidaciones intensas
- Estas sustancias favorecen la oxidación de compuestos orgánicos.

b) Reductores frecuentes

- Hidrógeno, H_2 , en presencia de catalizador
- Algunos metales o hidruros, en tratamientos más avanzados

26.5.- Cambios de grupo funcional por reacciones redox

Una de las razones por las que las reacciones redox son tan importantes en síntesis orgánica es que permiten transformar una familia funcional en otra.

Esquema fundamental:

- alcohol primario $\rightarrow$ aldehído $\rightarrow$ ácido carboxílico
- alcohol secundario $\rightarrow$ cetona
- aldehído $\rightarrow$ alcohol primario
- cetona $\rightarrow$ alcohol secundario
- alqueno $\rightarrow$ alcano
- alquino $\rightarrow$ alqueno $\rightarrow$ alcano

26.6.- Reacciones redox y nomenclatura funcional

Para reconocer bien estas transformaciones conviene dominar la relación entre grupo funcional y nivel de oxidación del carbono.

En términos generales:

- alcanos y alcoholes están menos oxidados que aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos
- los ácidos carboxílicos representan un estado de oxidación alto del carbono funcional
- los ácidos carboxílicos representan un estado de oxidación alto del carbono funcional
- los aldehídos y cetonas ocupan posiciones intermedias.

Esto explica por qué:

- un alcohol puede oxidarse a aldehído o cetona
- un aldehído puede oxidarse a ácido
- pero el ácido carboxílico ya no se oxida fácilmente sin degradación profunda de la molécula.

26.7.- Errores frecuentes

- Un error habitual es pensar que oxidar significa siempre añadir oxígeno de forma literal. No necesariamente. También hay oxidación cuando una molécula pierde hidrógeno.

Por ejemplo: $CH_3-CH(OH)-CH_3 \rightarrow CH_3-CO-CH_3$

Aquí no se "añade" oxígeno, pero sí hay oxidación.

- Otro error frecuente es creer que reducir significa siempre quitar oxígeno. Tampoco necesariamente. También hay reducción cuando una molécula gana hidrógeno.

Por ejemplo: $CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$

- También se confunde a veces aldehído con cetona respecto a la oxidación: los aldehídos se oxidan fácilmente a ácidos carboxílicos;
- las cetonas no lo hacen fácilmente en condiciones suaves.

27.- Ácidos Carboxílicos – Ésteres – Nitrilos y Aminas

En síntesis química orgánica, los ácidos carboxílicos, los ésteres, los nitrilos y las aminas son familias de compuestos muy importantes porque contienen grupos funcionales característicos que determinan su estructura, su polaridad y su reactividad.

En química del carbono de 2º de Bachillerato, estas familias permiten comprender muchas transformaciones orgánicas, ya que pueden actuar como compuestos de partida, productos finales o intermedios de síntesis

Definición general

Los ácidos carboxílicos, ésteres, nitrilos y aminas son compuestos orgánicos derivados que contienen, respectivamente, los grupos funcionales:

- $-COOH$ en los ácidos carboxílicos
- $-COO-$ en los ésteres
- $-C\equiv N$ en los nitrilos
- $-NH_2$, $-NHR$ o $-NR_2$ en las aminas.

Cada uno de estos grupos funcionales confiere propiedades químicas específicas. Por ello, en síntesis química orgánica, estas familias presentan reacciones características y permiten establecer rutas de transformación entre distintos compuestos del carbono.

27.1.- Ácidos carboxílicos

Los ácidos carboxílicos son compuestos orgánicos caracterizados por la presencia del grupo funcional carboxilo, $-COOH$, que resulta de la unión en un mismo carbono de un grupo carbonilo, $C=O$, y un grupo hidroxilo, $-OH$.

Su fórmula general puede escribirse como: $R-COOH$

donde R representa una cadena carbonada o un átomo de hidrógeno.

Ejemplos:

- **ácido metanoico** $\rightarrow H-COOH$
- **ácido etanoico** $\rightarrow CH_3-COOH$
- **ácido propanoico** $\rightarrow CH_3-CH_2-COOH$

27.1.1.- Estructura y propiedades

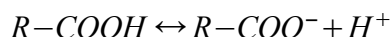
El grupo carboxilo es muy polar, porque contiene:

- un enlace doble $C=O$ muy polar
- un enlace $O-H$ también polar.

Por ello, los ácidos carboxílicos:

- presentan elevada polaridad
- forman puentes de hidrógeno
- tienen puntos de ebullición altos
- presentan carácter ácido.

Su carácter ácido se debe a que pueden ceder el protón del grupo –OH:



ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Estructura y Propiedades

Estructura

— (Grupo Carboxilo) —

$$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$$

Fórmula General

 $R-COOH$

Fórmula Condensada

 $R-CO_2H$

Modelo Molecular



Propiedades

- Polares y solubles en agua 
- Punto de ebullición alto 
- Ácidos (pH bajo)
- Forman enlaces de hidrógeno 

Puente de Hidrógeno



Ejemplos Comunes



Ácido Acético

 CH_3COOH



Ácido Fórmico

 $HCOOH$



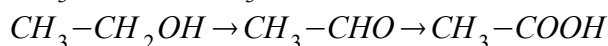
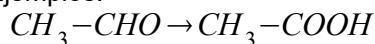
Ácido Butírico

 $CH_3CH_2CH_2COOH$

27.1.2.- Formación en síntesis química

En química del carbono de este nivel, los ácidos carboxílicos suelen obtenerse por oxidación de aldehídos o de alcoholes primarios.

Ejemplos:

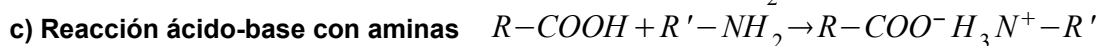
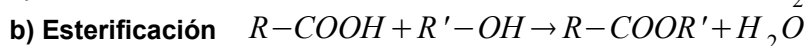
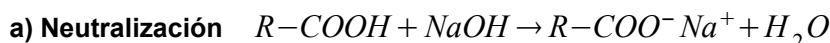


27.1.3.- Reactividad en síntesis química

Los ácidos carboxílicos son compuestos muy importantes porque pueden originar otros derivados funcionales.

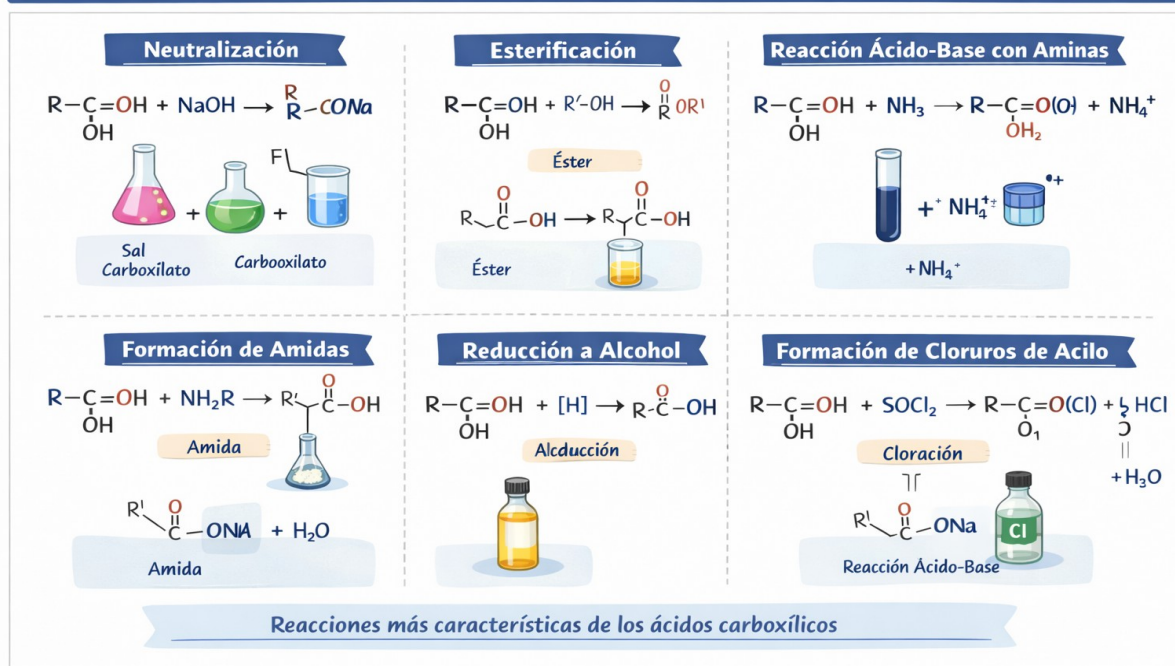
Sus reacciones más características en este nivel son:

- neutralización
- esterificación
- reacción con aminas para formar sales
- transformaciones por condensación.



En este caso, el ácido carboxílico cede un protón a la amina, formándose una sal de amonio.

REACCIONES DE LOS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS



27.2.- Ésteres

Los ésteres son compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional $-\text{COO}-$, resultante de la unión entre un grupo acilo procedente de un ácido carboxílico y un grupo alquilo o arilo procedente de un alcohol.

Su fórmula general es: $\text{R}-\text{COOR}'$

Ejemplos:

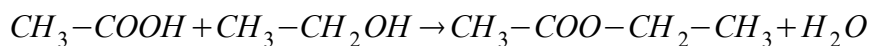
- etanoato de metilo $\rightarrow \text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_3$
- etanoato de etilo $\rightarrow \text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

27.2.1.- Formación en síntesis química

Los ésteres se obtienen principalmente por esterificación, reacción entre un ácido carboxílico y un alcohol.

Ejemplo:

Ácido etanoico + etanol $\rightarrow$ etanoato de etilo + agua

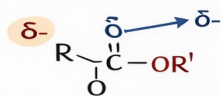


27.2.2.- Características de los ésteres

- poseen polaridad moderada
- no presentan el hidrógeno ácido del grupo carboxilo
- suelen tener olores agradables
- pueden sufrir hidrólisis.

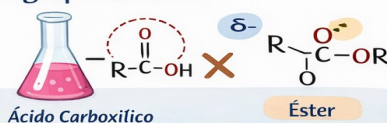
CARACTERÍSTICAS DE LOS ÉSTERES

1. Poseen polaridad moderada



Polaridad moderada

2. No presentan el hidrógeno ácido del grupo carboxilo



Ácido Carboxílico

Éster

3. Suelen tener olores agradables



Olores agradables

3. Suelen tener olores agradables

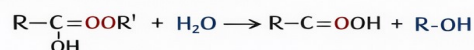


Éster

4. Pueden sufrir hidrólisis

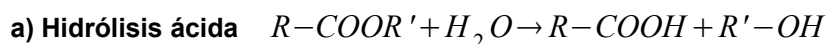
✓ Se hidrolizan en condiciones ácidas o básicas.

4. Pueden sufrir hidrólisis



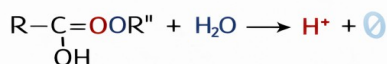
27.2.3.- Reactividad en síntesis química

La reacción más importante de los ésteres en este nivel es la hidrólisis.



HIDRÓLISIS DE ÉSTERES

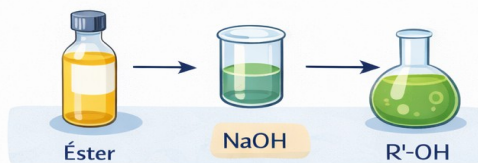
Hidrólisis Ácida



Ácido Carboxílico

Alcohol

Hidrólisis Básica o Saponificación



Éster

NaOH

R'-OH



La reacción más importante de los ésteres a este nivel es la **hidrólisis**:
Hidrólisis ácida y Hidrólisis básica o saponificación

27.3.- Nitrilos

Los nitrilos son compuestos orgánicos caracterizados por la presencia del grupo funcional $-C\equiv N$, en el que un átomo de carbono está unido mediante triple enlace a un átomo de nitrógeno.

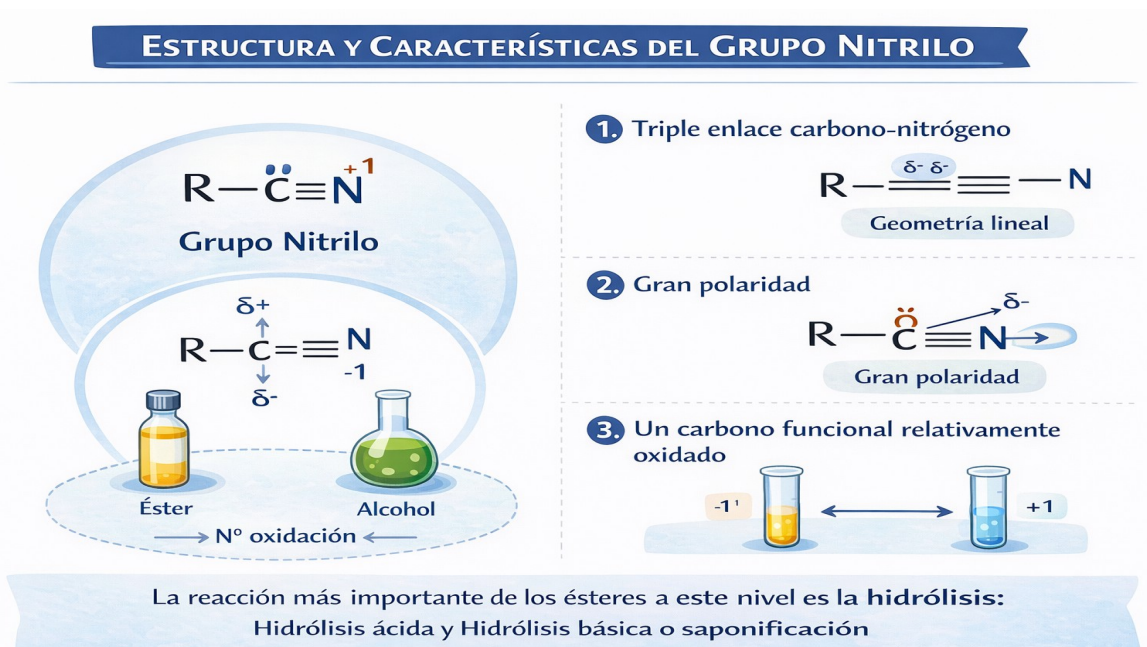
Su fórmula general es: $R-C\equiv N$

Ejemplos:

- **etanonitrilo o acetonitrilo** $\rightarrow CH_3-C\equiv N$
- **propanonitrilo** $\rightarrow CH_3-CH_2-C\equiv N$

27.3.1.- Estructura y características

- triple enlace carbono-nitrógeno
- geometría lineal en la zona del grupo funcional
- gran polaridad



27.3.2.- Importancia en síntesis química

Los nitrilos son muy útiles en síntesis porque pueden transformarse en otros grupos funcionales oxigenados.

En este nivel, la transformación más importante es su hidrólisis a ácidos carboxílicos.

Ecuación global simplificada: $R-C\equiv N + 2 H_2O \rightarrow R-COOH + NH_3$

Ejemplo: $CH_3-C\equiv N + 2 H_2O \rightarrow CH_3-COOH + NH_3$

Por tanto, un nitrilo puede actuar como precursor de un ácido carboxílico.

27.3.3.- Relación sintética

En síntesis orgánica, los nitrilos tienen interés porque:

- introducen nitrógeno en la molécula
- pueden transformarse en ácidos carboxílicos por hidrólisis
- permiten relacionar compuestos nitrogenados con compuestos carboxílicos.

27.4.- Aminas

Las aminas son compuestos orgánicos nitrogenados que pueden considerarse derivados del amoníaco por sustitución de uno o más átomos de hidrógeno por grupos alquilo o arilo.

Según el número de sustituciones, se distinguen:

- **aminas primarias:** $R-NH_2$ metilamina $\rightarrow CH_3-NH_2$
- **aminas secundarias:** $R-NH-R'$ dimetilamina $\rightarrow CH_3-NH-CH_3$
- **aminas terciarias:** $R-N(R')-R''$ trimetilamina $\rightarrow (CH_3)_3N$

27.4.1.- Estructura y propiedades

Las aminas contienen nitrógeno con un par de electrones no compartido. Este hecho determina gran parte de su comportamiento químico.

Por ello, las aminas:

- presentan carácter básico
- pueden aceptar protones
- las primarias y secundarias pueden formar puentes de hidrógeno
- poseen polaridad apreciable
- participan en numerosas transformaciones orgánicas.

ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE AMINAS

1 Presentan carácter básico

Pueden aceptar protones

$R-NH_2 + H^+ \rightarrow R-NH_3^+$

2 Primarias y secundarias pueden formar puentes de hidrógeno

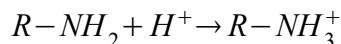
Puente de hidrógeno

3 Poseen polaridad apreciable

4 Participan en numerosas transformaciones orgánicas

27.4.2.- Carácter básico de las aminas

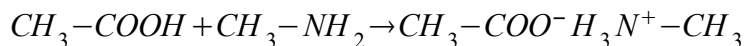
El par de electrones libres del nitrógeno permite a las aminas captar protones:



Por ello, las aminas se comportan como bases.

Ejemplo con ácido clorhídrico: $CH_3-NH_2 + HCl \rightarrow CH_3-NH_3^+ Cl^-$

También reaccionan con ácidos carboxílicos formando sales de amonio-carboxilato:



27.4.3.- Importancia en síntesis química

- introducen nitrógeno en las moléculas orgánicas;
- presentan carácter básico y nucleófilo;
- participan en reacciones ácido-base;
- pueden actuar como reactivos en la obtención de otros compuestos orgánicos.

27.4.4.- Relación entre ácidos carboxílicos, ésteres, nitrilos y aminas

Estas cuatro familias pueden relacionarse dentro de rutas sencillas de síntesis orgánica.

a) Ácido carboxílico → éster

por esterificación: $R-COOH + R'-OH \rightarrow R-COOR' + H_2O$

b) Éster → ácido carboxílico

por hidrólisis: $R-COOR' + H_2O \rightarrow R-COOH + R'-OH$

c) Nitrilo → ácido carboxílico

por hidrólisis: $R-C \equiv N + 2 H_2O \rightarrow R-COOH + NH_3$

d) Ácido carboxílico + amina

reacción ácido-base: $R-COOH + R'-NH_2 \rightarrow R-COO^- H_3N^+-R'$

- Por tanto, los ácidos carboxílicos actúan como centro de conexión entre varias familias funcionales, mientras que los ésteres y nitrilos pueden transformarse en ellos, y las aminas aportan el comportamiento nitrogenado básico.

