

TEMA 7B: INTRODUCCIÓN A LAS REACCIONES ORGÁNICAS

1	CARACTERÍSTICAS DEL CARBONO.	213
1.1	Tipos de hibridación y enlace.	214
1.2	El benceno (C ₆ H ₆).....	215
2	Reactividad de los compuestos orgánicos.....	216
2.1	Desplazamientos electrónicos.....	216
2.2	Rupturas de enlaces e intermedios de reacción.	216
2.3	Tipos de reactivos.....	216
3	Clasificación de las reacciones orgánicas.	217
4	Reacciones de sustitución.	218
4.1	Sustitución homolítica (radicalaria):.....	218
4.2	Sustitución nucleófila (S _N).....	218
5	Reacciones de adición.	218
5.1	Adición electrófila:.....	219
6	Reacciones de eliminación.	219
6.2	Deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo.....	220
7	Condensación:	220
7.1	Esterificación:	220
7.2	Hidrólisis ácida/básica (saponificación):.....	221
7.3	Formación de amidas:	221
8	Reacciones redox.....	221
9	Otras reacciones orgánicas.....	222
10	Polímeros o macromoléculas. Tipos.....	222

Según la reunión armonizadora celebrada en Valladolid este curso 18/19 se ha acotado las reacciones orgánicas a estudiar a:

Reacciones de adición: solo a enlaces carbono carbono, no se pide Markovnikov y se admiten como válidos cualquiera de los dos productos.

Reacciones de sustitución: formación de alcoholes a partir de compuestos halogenados y viceversa.

Reacciones de eliminación: deshidratación de alcoholes y deshidrohalogenaciones.

Reacciones de condensación: formación de ésteres y amidas (teniendo en cuenta que son equilibrios).

Reacciones de reducción y oxidación: de alcohol 1º a aldehído y a ácido y viceversa. Y de alcohol 2º a cetona y viceversa.

Estos apuntes se han adaptado para estudiar sólo estas reacciones.

1 CARACTERÍSTICAS DEL CARBONO.

El carbono posee unas características especiales, que juntas lo hacen único dentro del sistema periódico, por lo que es el elemento base de todos los compuestos orgánicos:

- Electronegatividad intermedia por lo que puede formar enlace covalente tanto con metales como con no metales.

- **Tetra valencia:** $2s^2p^2 \Rightarrow 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$; $\Delta H = -400 \text{ kJ/mol}$ (se desprenden 830 kJ/mol al formar 2 enlaces C–H) lo que ofrece la posibilidad de unirse a sí mismo formando cadenas.
- Además, tiene **un tamaño pequeño** lo que posibilita la formación de enlaces dobles y triples, ya que es posible que los átomos se aproximen lo suficiente para formar enlaces " π ", lo que no es posible en el Si.

Ejemplo (Selectividad. Madrid Junio 98).

Al quemar 2,34 g de un hidrocarburo se forman 7,92 g de dióxido de carbono y 1,62 g de vapor de agua. En condiciones normales, la densidad del hidrocarburo gaseoso es 3,48 g/L.

a) Determine la masa molecular y fórmula de dicho hidrocarburo

b) ¿Qué volumen de oxígeno gaseoso a 85°C y 700 mm de presión, se necesita para quemar totalmente los 2,34 g de este hidrocarburo?

Como sabemos cuándo se quema un hidrocarburo el carbono del mismo se transforma en CO_2 y el hidrógeno en agua, por lo que comparando los moles de átomos de C que hay en el CO_2 y los moles de átomos de H que hay en el agua obtendremos la fórmula empírica:

$$\left. \begin{array}{l} 7,92 \text{ g } \text{CO}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{CO}_2}{44 \text{ g } \text{CO}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{C}}{1 \text{ mol } \text{CO}_2} = 0,18 \text{ moles } \text{C} \\ 1,62 \text{ g } \text{H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}}{18 \text{ g } \text{H}_2\text{O}} \cdot \frac{2 \text{ mol } \text{H}}{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}} = 0,18 \text{ moles } \text{H} \end{array} \right\} \frac{0,18 \text{ moles } \text{H}}{0,18 \text{ moles } \text{C}} = 1 \rightarrow f. \text{ emp: } (\text{CH})_n$$

Con el dato de la densidad obtendremos la masa molar, hallando el nº de moles contenidos en 1 L:

$$n = 1 \text{ L c. n.} \cdot 1 \frac{\text{mol}}{22,4 \text{ L c. n.}} = 0,0446 \text{ moles}$$

Y como esos moles tienen de masa 3,48 g, la masa molar será

$$M_{\text{molar}} = \frac{3,48 \text{ g}}{0,0446 \text{ moles}} = 77,95 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Como $77,94/13 \cong 6$, la fórmula molecular será: **C_6H_6**

b) $\text{C}_6\text{H}_6 + 15/2 \text{ O}_2 \rightarrow 6 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$

$$2,34 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_6 \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_6}{78 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_6} \cdot \frac{7,5 \text{ moles } \text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_6} = 0,225 \text{ moles } \text{O}_2$$

$$V = \frac{0,225 \cdot 0,082 \cdot (273,15 + 80)}{\left(\frac{700}{760}\right)} = 7,17 \text{ L } \text{O}_2$$

1.1 Tipos de hibridación y enlace.

Tal y como se ha visto en la unidad de enlace químico, el carbono puede hibridarse de tres maneras distintas:

Hibridación sp^3 :

- Los orbitales 2s y los 3 orbitales 2p forman **4 Orbitales Híbridos (OH) denominados sp^3** , con 1 electrón cada uno, dirigidos hacia los vértices de un tetraedro, que solaparán frontalmente dando lugar a **4 enlaces simples** de tipo " σ ".
- Los cuatro pares de electrones se comparten con cuatro átomos distintos.
- Geometría tetraédrica: ángulos C–H: $109'5''$ y distancias C–H iguales (si los enlaces son C–H).

Ejemplo: CH_4 , $\text{CH}_3\text{--CH}_3$

Hibridación sp^2 :

- 3 orbitales, el orbital 2s y 2 orbitales 2p, forman **3 OH denominados sp^2** con 1 electrón cada uno, en el mismo plano que los 2 orbitales 2p usados para hibridar, dirigidos hacia los vértices de un triángulo equilátero, que formarán **3 enlaces σ**
- **1 orbital 2p** (sin hibridar), con 1 electrón, en un plano perpendicular al anterior, que formará un **enlace π** (solapamiento lateral) con otro orbital p del otro átomo.
- Forman un enlace doble, uno σ y otro π , es decir, hay dos pares electrónicos compartidos con el mismo átomo.
- Geometría triangular: ángulos C–H: 120° y distancia C=C < C–C (o C=O < C–O–H)

Ejemplo: $H_2C=CH_2$, $H_2C=O$

Hibridación sp :

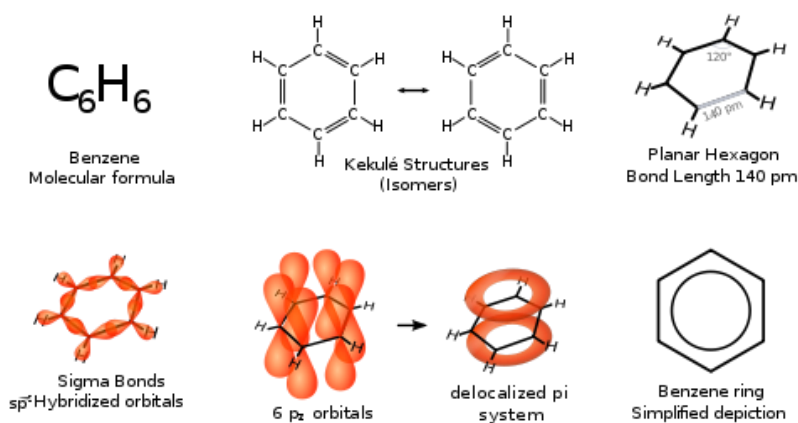
- 2 orbitales, el 2s y uno de los 2p, **forman 2 OH denominados sp** , con 1 electrón cada uno, dirigidos hacia extremos opuestos de la misma recta que el orbital p hibridado, **que forman 2 enlaces σ** .
- **2 orbitales 2p** perpendiculares al anterior (sin hibridar y con 1 electrón) que formarán **2 enlaces π** .
- Forma bien un enlace triple –un enlace σ y dos π –, es decir, hay tres pares electrónicos compartidos con el mismo átomo, o bien dos enlaces dobles, si bien este caso es más raro en enlaces C=C (en el CO_2 está presente).
- Geometría lineal: ángulos C–H: 180° y distancia $C\equiv C < C=C < C-C$

Ejemplo: $HC\equiv CH$, $CH_3-C\equiv N$

Ejercicio: Indica la hibridación que cabe esperar en cada uno de los átomos de carbono que participan en las siguientes moléculas: $CH\equiv C-CH_2-CHO$; $CH_3-CH=CH-C\equiv N$

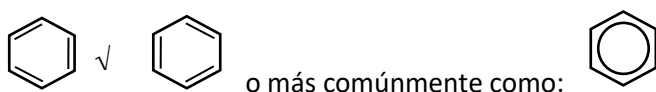
1.2 El benceno (C_6H_6)

Podemos proponer 2 estructuras de Lewis tipo Kekulé y 3 tipo Dewar (menos importantes). Eso nos indica que el compuesto presenta resonancia, ya que hay varias estructuras de Lewis que representan al compuesto. El hecho de que todas las distancias C–C sean iguales podemos explicarlo afirmando que la estructura real es un intermedio entre todas sus estructuras resonantes.



También podemos explicarlo, de modo más real, considerando que cada carbono presenta hibridación sp^2 formando 2 enlaces σ con cada C adyacente y otro σ con el H. A cada átomo de carbono le queda un e^- en un orbital p sin hibridar perpendicular al hexágono con el que forma una nube electrónica por encima y por debajo del plano de los átomos en un solapamiento cíclico. Es un **orbital molecular, deslocalizado** (ocupa toda la molécula, no está localizado entre 2 átomos). Esta nube electrónica se representa como un **círculo** dentro del hexágono y será muy importante para las reacciones del benceno.

En el benceno y en sus derivados los átomos de carbono e hidrógeno suelen omitirse por lo que normalmente suele representarse:



2 Reactividad de los compuestos orgánicos.

2.1 Desplazamientos electrónicos

La reactividad de los compuestos orgánicos se debe fundamentalmente a la presencia de **los grupos funcionales** y puede ser debida a:

- La alta densidad electrónica (doble o triple enlace)
- La fracción de carga positiva en el átomo de carbono (enlaces C-Cl, C=O, C≡N).

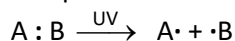
Para entender por qué o cómo se produce una determinada reacción (mecanismo) es necesario comprender los **desplazamientos electrónicos**.

Los enlaces en química orgánica son covalentes entre átomos distintos (heteroatómicos), de distinta electronegatividad y por tanto la nube electrónica del enlace no adopta una forma simétrica, sino que se encuentra deformada siendo mayor cerca del átomo más electronegativo. Esto lo hemos venido indicando hasta ahora con $\delta+$ y $\delta-$. También ocurre este efecto en el enlace C-C, pues es habitual que ambos carbonos no soporten a los mismos átomos, por lo que no son químicamente idénticos y su par de electrones de enlace se encontrará desplazado hacia uno de ellos. A estos desplazamientos de los electrones de enlace según la distinta electronegatividad de los átomos enlazantes se les conoce como desplazamiento electrónico.

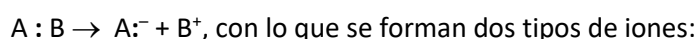
2.2 Rupturas de enlaces e intermedios de reacción.

Los enlaces covalente de alta energía de los compuestos orgánicos pueden romperse de dos maneras distintas, dependiendo de si el enlace es muy polar o poco polar:

- **Homolítica:** El enlace covalente **se rompe de manera simétrica** (1 e⁻ para cada átomo) formándose **radicales libres** (átomos con e⁻ desapareados). Suele producirse en enlaces poco polares en la que los 2 átomos tienen una tendencia similar a retener sus electrones y debido a que necesita un aporte elevado de energía se suele hacer aplicando luz UV y una temperatura muy alta.



- **Heterolítica:** El enlace **se rompe de manera asimétrica** (uno de los átomos se queda con los dos e⁻ que compartían). Es la ruptura más habitual cuando los átomos del enlace que se rompe tienen muy diferentes electronegatividades y por tanto el enlace es muy polar, quedando con carga negativa el elemento más electronegativo y con positiva el menos.



- **Carbocationes:** R₃C⁺ Ejemplo: (CH₃)₂CH⁺
- **Carbanión:** R₃C⁻ Ejemplo: Cl₃C⁻



2.3 Tipos de reactivos.

Existen tres tipos de reactivos:

- Radicales libres.
- Reactivos nucleófilos.
- Reactivos electrófilos.

Radicales libres.

Son especies químicas que tienen átomos con electrones desapareados. Se forman en la reacciones con ruptura homolítica.

Ejemplos: Cloro, Cl⁻, con 7 e⁻ en su última capa y por tanto uno desapareado. O un radical metilo, CH₃⁻

Reactivos nucleófilos (buscador de carga positiva, como la de los núcleos).

Tienen uno o más pares de electrones solitarios (bases de Lewis) o son iones con carga negativa. Atacan a partes de molécula con deficiencia de electrones, es decir, partes positivizadas de las moléculas orgánicas.

Ejemplos: R-OH (R-, R-O⁻ (alcóxido), H₂O, R-NH₂, R-C≡N, R-COO⁻, NH₃, CN⁻ (cianuro), OH⁻ (hidroxilo), Cl⁻, Br⁻ (haluro),...

Reactivos electrófilos (buscador de electrones).

Tienen orbitales externos vacíos (ácidos de Lewis, octeto incompleto) o carga positiva. Atacan a zonas con alta densidad electrónica (dobles o triples enlaces o anillos bencénicos)

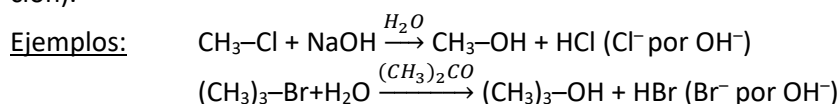
Ejemplos: H⁺, NO₂⁺, NO⁺, BF₃, AlCl₃, cationes metálicos (Na⁺, ...), R₃C⁺, SO₃, CH₃Cl, CH₃-CH₂Cl, halógenos (Cl₂, Br₂,...)

Ejercicio: Clasifica según sean nucleófilos o electrófilos los siguientes reactivos: R-NH₂; I⁺; BH₃; R-OH; R-CN; Br⁻; CH₃-CH₂-O⁻; CH₃-COO⁻; Ca²⁺.

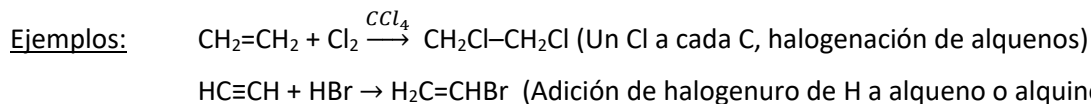
3 Clasificación de las reacciones orgánicas.

Aunque alguna de las reacciones que estudiaremos puede englobarse en varios tipos (ejemplo: la reducción de una cetona con LiAlH₄ para dar un alcohol puede ser considerada una sustitución o una reducción), podemos clasificar las reacciones orgánicas en 5 grandes tipos:

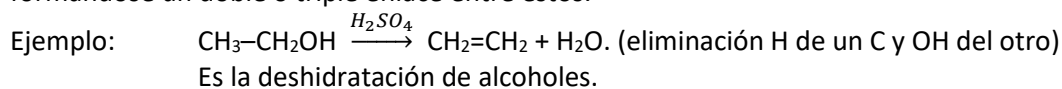
- **Sustitución:** Un átomo, ion o grupo de átomos de una molécula es sustituido por otro. Un grupo entra y otro sale (el disolvente y el resto de las condiciones se suelen indicar en la flecha de reacción).



- **Adición:** Una molécula se añade a otra, a través de un doble enlace o un triple enlace, deshaciéndolo.

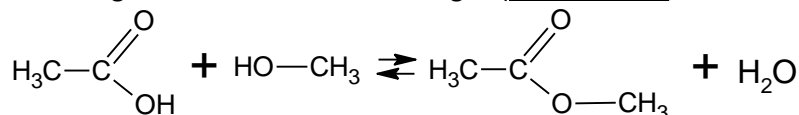


- **Eliminación:** Se elimina una molécula pequeña a partir de los átomos de 2 carbonos adyacentes, formándose un doble o triple enlace entre éstos.

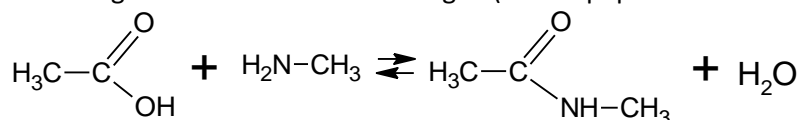


- **Condensación:** Es aquella en la que 2 moléculas (o una si la reacción es intramolecular entre 2 grupos funcionales) se combinan para dar una molécula de producto, expulsando una molécula de H₂O (u otra molécula pequeña, como NH₃, etanol, ácido acético, ...). Es la reacción opuesta a la hidrólisis, la ruptura de una molécula en dos por acción del agua. Este tipo de reacción en realidad suele consistir en 2 sucesivas, una adición y posteriormente una eliminación.

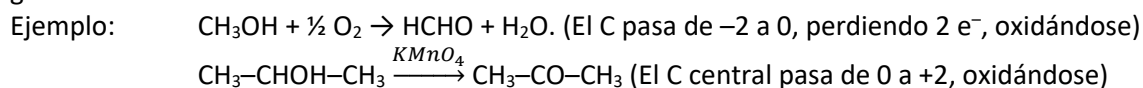
Ejemplos: Ácido orgánico+ alcohol ↔ Éster + agua (Esterificación, similar a la neutralización)



Ácido orgánico+ amina → Amida + agua (enlace peptídico de los aminoácidos)



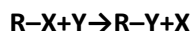
- **Redox:** Si cambia el estado de oxidación de un carbono en la molécula orgánica. Equivale a perder o ganar electrones.



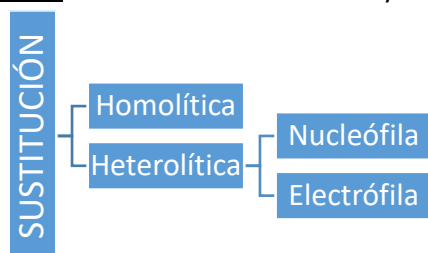
Vamos a estudiar con detalle cada uno de estos tipos de reacción.

4 Reacciones de sustitución.

Recordamos: Un átomo o grupo de átomos se separan de la molécula reaccionante, siendo **sustituidos** por otro átomo o grupo de átomos. Se puede representar, de modo genérico, como:



Dependiendo del tipo de enlace que deba romperse para liberar el grupo saliente, las reacciones de sustitución pueden ser **homolíticas** (radicalarias), si los enlaces a romper son muy poco polares, casi apolares (como el C-C o C-H), mientras que si el enlace es muy polar (C-O o C-X, siendo X un halógeno) el mecanismo será a través de iones, sustitución **heterolítica**. Éstas a su vez pueden dividirse en 2 grupos, según el reactivo atacante: **sustituciones nucleófilas** y **sustituciones electrófilas**. En resumen, tendríamos 3 tipos:

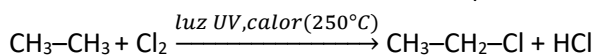


Las sustituciones electrófilas ocurren sobre todo en el anillo bencénico y no las estudiaremos este curso.

4.1 Sustitución homolítica (radicalaria):

Ocurre cuando el enlace a romper es apolar (C-C, C-H), con lo que se requiere una gran energía de activación, que se conseguirá aplicando a los reactivos luz ultravioleta (UV) y calor. Estas reacciones son las típicas de los alcanos. Por ejemplo, la **halogenación de alcanos**:

Ejemplos:



También se obtiene en esta última reacción $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ como producto de reacción, ya que el mecanismo de la misma involucra a radicales $CH_3-CH_2\cdot$ como intermedios de reacción que pueden unirse entre sí para dar el butano. Ver <http://goo.gl/Td3xOn>. Al transcurrir por radicales libres son reacciones poco selectivas, siendo muy difícil controlar los productos que obtendremos.

4.2 Sustitución nucleófila (SN).

Es la sustitución de un **grupo electronegativo** (-OH, -Halógeno), unido a un carbono, por el **ataque de un reactivo nucleófilo** (OH^- , RO^- , Halogenuro X^- , CN^- , NH_3 ,...) que se une al carbono polarizado positivamente por el atractor electronegativo saliente.

Principales reacciones de sustitución nucleófila:

- En **halogenuros de alquilo**:
 - Formación de alcoholes: $CH_3-CH_2Br + NaOH \rightarrow CH_3-CH_2OH + NaBr$
- En **alcoholes**:
 - Formación de derivados halogenados: $CH_3-CH_2OH + HCl \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH_2Cl + H_2O$

5 Reacciones de adición.

El reactivo se añade sobre una molécula que posee un doble o triple enlace. Aunque también hay sustituciones homolíticas, sólo estudiaremos las heterolíticas, que pueden clasificarse en:

- Electrófila.
- Nucleófila.

Esta última se produce en enlaces dobles o triples de C con elementos más electronegativos que él que lo positivizan ($C\equiv N$ o $C=O$) y no los estudiaremos este curso.

5.1 Adición electrófila:

El reactivo se añade a un doble o triple enlace poco polarizado, como el que hay entre dos átomos de carbono. Siguen la regla de **Markovnikov**, formulada por el químico ruso Vladimir Markovnikov en 1880:

En la adición de un reactivo asimétrico, del tipo H-X, a un alqueno o alquino, la parte positiva del reactivo, el átomo de hidrógeno, se adiciona al carbono más hidrogenado.

Ejemplos:

- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_3$ (mayor proporción)
- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O (H}^+) \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$ (mayor proporción)

Principales reacciones de adición electrófila:

- Adición de hidrógeno: $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
- Adición de halógenos: $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_2\text{Br}$
- Adición de hidrácidos: $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \begin{cases} \text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_3 \text{ (Mayoritario)} \\ \text{Regla de Markovnikov} \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{Br (Minoritario)} \end{cases}$
- Adición de agua: $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$

En los alquinos también se da esta reacción y también se cumple la regla de Markovnikov

- Adición de hidrácidos: $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHBr=CH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHBr}_2\text{-CH}_3$

Ejercicio: Al reaccionar metil-2-buteno con ácido clorhídrico se producen dos derivados clorados. Escribe sus fórmulas y justifica cuál de ellos se encontrará en mayor proporción.

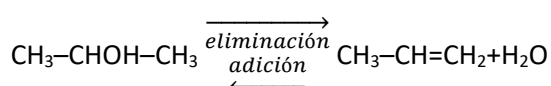
Ejercicio (*Selectividad, Madrid Reserva 1998*).

a) Formule y nombre todos los posibles hidrocarburos de fórmula C_5H_{10} que sean isómeros de cadena abierta.

b) Escriba las reacciones que tendrán lugar al adicionar HBr a cada uno de los isómeros de cadena lineal del apartado a).

6 Reacciones de eliminación.

Son las reacciones en las que se separan dos átomos o grupos de átomos de una molécula, sin que se produzca al mismo tiempo la penetración de nuevos átomos o grupos atómicos. Las reacciones de eliminación son, por tanto, las opuestas a las de adición. Por ejemplo:



De la molécula orgánica se elimina una pequeña molécula, de manera que se obtiene otro compuesto de menor masa molecular. Siguen la regla de **Saytzeff**: **"En las reacciones de eliminación, el hidrógeno sale del carbono adyacente al grupo funcional que tiene menos hidrógenos"**.

ejemplo:

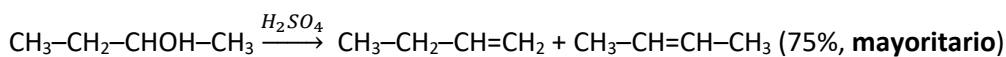
- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH}_2 + \text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$ (75%, **mayoritario**)
- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHBr-CH}_3 \xrightarrow{\text{KOH/etanol}} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH}_2 + \text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$ (80%, **mayoritario**)

Vamos a estudiar dos casos:

- Deshidratación de alcoholes.
- Deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo.

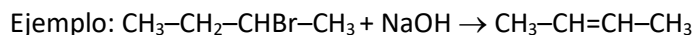
6.1.1 Deshidratación de alcoholes.

Se produce en medio ácido para que el grupo OH se protone y pierda una molécula de agua:



6.2 Deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo.

Se produce en medio **básico**.



Ejercicio (Selectividad. Madrid Previo 1998).

Predecir los productos para cada una de las siguientes reacciones formulando y nombrando los compuestos que intervienen:

- Propeno + HCl \rightarrow
- 2-Buteno + H₂O + H₂SO₄ \rightarrow
- 1-Bromo-3-metilbutano + NaOH \rightarrow

Ejercicio (Selectividad. Madrid Septiembre 1998).

a) Complete y formule la siguiente secuencia de reacciones y nombre los compuestos obtenidos:

- Propeno + HBr \rightarrow
- 1-propanol + H₂SO₄(conc) \rightarrow
- 1-Bromopropano + NaOH \rightarrow

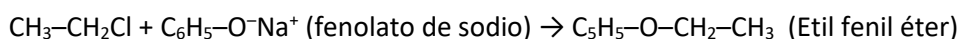
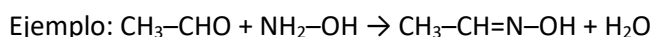
b) Calcule los gramos de propeno que reaccionarían con hidrógeno, para dar 100 litros de propano en condiciones normales, suponiendo que el rendimiento de la reacción es del 60%. **Datos:** Masas atómicas: C=12; H=1.

Ejercicio (Selectividad. Madrid Septiembre 1998).

- Escriba las formulas (semidesarrolladas) de los siguientes compuestos: 3-metil-1-cloro-butano; 3-metil-1-pentino; metil-2-propanol; 2,4-pentanodiona.
- Utilizando algunos de los compuestos anteriores escriba un ejemplo de reacción de sustitución, otro de eliminación y otro de adición.

7 Condensación:

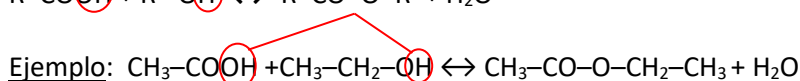
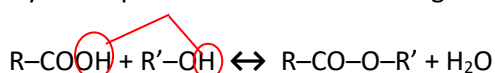
Como afirmábamos antes, equivalen a una reacción de adición a la que sigue una reacción de eliminación. El resultado final es que 2 moléculas de reactivos se **condensan** en una única, con la eliminación de una molécula pequeña (H₂O, NH₃,...)



A este tipo de reacción pertenecen 2 reacciones muy típicas y presentes en bioquímica, la reacción ácido carboxílico-alcohol para dar los ésteres (esterificación), 2 grupos hidroxilos de 2 monosacaridos formando un éter (enlace glucosídico) o el enlace peptídico, entre los grupos amino y ácido de 2 aminoácidos. Los vemos con más precisión.

7.1 Esterificación:

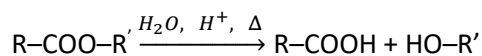
Se produce entre ácidos carboxílicos cuando reaccionan con alcoholes en presencia de un catalizador ácido (se suele emplear H₂SO₄ al ser un deshidratante de la molécula de agua que debe salir). Se forman ésteres y se desprende una molécula de agua. Se trata de una reacción reversible.



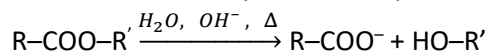
Al observar el esquema anterior nos damos cuenta que, en contra de lo que podría parecer, no es una reacción de neutralización ácido-base (pues en este caso la reacción sería H⁺+OH⁻, reacción que se produce entre los ácidos carboxílicos y los hidróxidos). Los grupos salientes que forman el agua son el grupo OH del ácido y el H del alcohol.

7.2 Hidrólisis ácida/básica (saponificación):

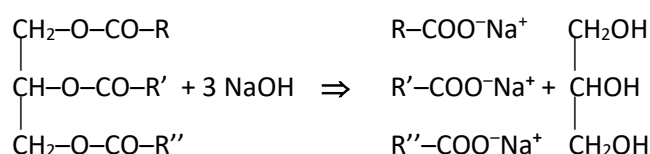
Al calentar un éster en una disolución acuosa de ácido o base se produce la hidrólisis, la reacción inversa a la esterificación. En la hidrólisis se forman el alcohol y el ácido que formaban el éster, pudiendo estar el ácido en forma R-COOH (si el medio es ácido) o R-COO⁻ (si el medio es básico).



(el ácido reconstituye el ácido a partir del R-COO⁻, base débil)

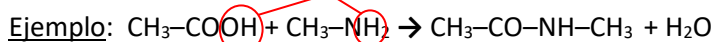
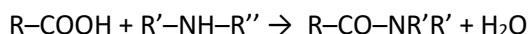


Esta segunda reacción recibe el nombre específico de saponificación (fabricación de jabones, del latín "sapo", *jabón*, en inglés soap) y se suele hacer de forma casera con los aceites y grasas sobrantes y una disolución de NaOH. Sabemos que las grasas y aceites son ésteres de ácidos carboxílicos de cadena larga (ácidos grasos, como el oleico, el palmítico o el esteárico) con la glicerina (se llaman triglicéridos). Los jabones son las sales sódicas o potásicas de esos ácidos grasos.



7.3 Formación de amidas:

Se produce entre ácidos carboxílicos cuando reaccionan con aminas primarias o secundarias. Se forman amidas y se desprende una molécula de agua. Una reacción muy conocida de este tipo es la que une los aminoácidos para formar péptidos (enlace peptídico).



Ejemplo (Selectividad. Madrid Septiembre 1997).

Escriba las reacciones completas de: **a)** Deshidratación del etanol. **b)** Sustitución del OH del etanol por un halógeno. **c)** Oxidación del etanol. **d)** Ácido acético con etanol.

- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-I} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

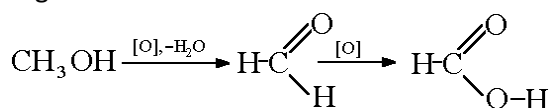
8 Reacciones redox.

En Química Orgánica existen igualmente reacciones redox, si bien es más complejo determinar el estado de oxidación del carbono, ya que en una misma cadena, cada carbono puede tener un estado de oxidación distinto, y como consecuencia de ello, al calcular el estado de oxidación,

en ocasiones salen números fraccionarios, que no son sino las medias aritméticas de los estados de oxidación de cada uno de los átomos de carbono. Las reglas básicas para hallar el nº de oxidación de un carbono son las de siempre: El H con +1 (todos los no metales le roban su electrón), el O con -2 y los enlaces C-C, bien sean sencillos, dobles o triples, no contribuyen al nº de oxidación, pues son entre iguales y si el enlace fuese iónico (recuerda el concepto) cada uno se llevaría sus electrones.

	➔				
	Oxidación				
	CH ₄	CH ₃ OH	HCHO	HCOOH	CO ₂
N.Ox.	-4	-2	0	+2	+4
	➔				
	Reducción				

Por ejemplo, si oxidamos el metanol (C con n.o. -2) con algún oxidante fuerte (KMnO₄ o K₂Cr₂O₇ en disoluciones más o menos concentradas) obtendremos primeramente un aldehído, el metanal (C con n.o. 0) y si seguimos con la oxidación un ácido carboxílico, el ácido fórmico (C con n.o. +2).

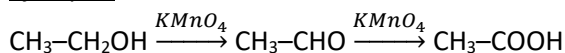
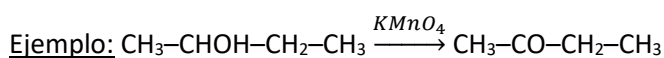


Las reacciones de oxidación-reducción más habituales son:

- Oxidación de alcoholes.
- Oxidación y reducción de aldehídos y cetonas.
- Combustión.

8.1 Oxidación de alcoholes.

Los alcoholes se oxidan por acción del KMnO₄ o del K₂Cr₂O₇ a aldehídos o cetonas dependiendo de si se trata de un alcohol primario o secundario, respectivamente. Los alcoholes terciarios, en cambio, son bastante resistentes a la oxidación.

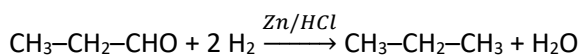
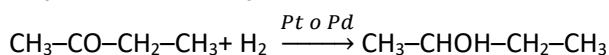
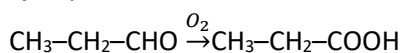


si no se es cuidadoso, la oxidación puede seguir a ácido carboxílico en este caso

8.2 Oxidación y reducción de aldehídos y cetonas.

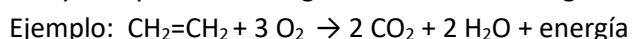
Los aldehídos son sustancias muy frágiles y reductoras y se oxidan con facilidad a ácidos, aunque también pueden transformarse en alcoholes primarios e incluso en hidrocarburos en presencia de un ambiente reductor fuerte, dependiendo del catalizador empleado. En cambio, las cetonas sufren reacciones de reducción similares a los aldehídos, pero se resisten a ser oxidadas.

Ejemplos:



8.3 Combustión.

Constituyen un caso especial dentro de las reacciones redox. En ellas, el compuesto se quema para formar CO₂ y H₂O y liberándose gran cantidad de energía.



9 Otras reacciones orgánicas.

9.1 Ácido-base.

Los ácidos carboxílicos son ácidos débiles que pueden formar sales con los hidróxidos de alcalinos o alcalino-terreos. Esas sales son los jabones.



10 Polímeros o macromoléculas. Tipos.

Son moléculas muy grandes, con una masa molecular que puede alcanzar millones de unidades de masa atómica (u o uma), que se obtienen por la repeticiones de una o más unidades simples llamadas "monómeros" unidas entre sí mediante enlaces covalentes. Forman largas cadenas que se unen entre sí por fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas.

Se pueden clasificar según diversos criterios:

- Según su origen:

- Naturales: Caucho, polisacáridos (celulosa, almidón), proteínas, ácidos nucleicos...
- Artificiales: Plásticos, fibras textiles sintéticas, poliuretano, baquelita...
- **Según su composición:**
 - Homopolímeros: Un sólo monómero
 - Copolímeros: Dos o más monómeros
- **Según su estructura:**
 - Lineales: Los monómeros se unen por dos sitios (cabeza y cola)
 - Ramificados: Si algún monómero se puede unir por tres o más sitios.
- **Por su comportamiento ante el calor:**
 - Termoplásticos: Se reblandecen al calentar y recuperan sus propiedades al enfriar. Se moldean en caliente de forma repetida.
 - Termoestables: Una vez moldeados en caliente, quedan rígidos al ser enfriados por formar nuevos enlaces y no pueden volver a ser moldeados.

Nos centraremos en los 3 más importantes industrialmente: el polietileno, el PVC y el nailon.

10.1 Tipos de polimerización.

Existen dos tipos fundamentales de polimerización:

- Adición.
- Condensación.

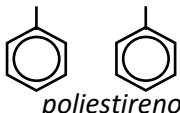

Polimerización por Adición.

La masa molecular del polímero es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero, pues al formarse la cadena los monómeros se unen sin perder ningún átomo.

Suelen seguir un mecanismo en tres fases, con ruptura hemolítica:

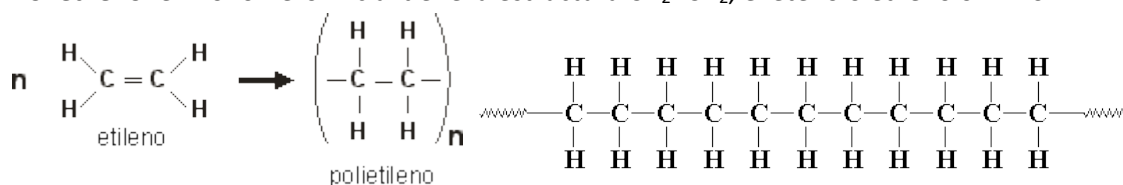
- **Iniciación**: $\text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{catalizador} \Rightarrow \cdot\text{CH}_2-\text{CHCl}\cdot$
- **Propagación o crecimiento**: $2 \cdot\text{CH}_2-\text{CHCl}\cdot \Rightarrow \cdot\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}\cdot$
- **Terminación**: Los radicales libres de los extremos se unen a impurezas o bien se unen dos cadenas con un terminal neutralizado.

En el cuadro siguiente vemos algunos de los polímeros de adición más importantes, sus principales aplicaciones, así como los monómeros de los que proceden. Nótese que los polímeros basan su nomenclatura en el nombre comercial de los monómeros.

MONÓMERO	POLÍMERO	USOS PRINCIPALES
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ Eteno (etileno)	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ polietileno	Bolsas, botellas, juguetes...
$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ Cloroeteno (cloruro de vinilo o cloruro de etileno)	$-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$ Policloruro de vinilo (PVC)	Ventanas, sillas, aislantes.
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ fenileteno (estireno)	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-$  poliestireno	Juguetes, embalajes, aislante térmico y acústico.
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$ tetraflúoreteno	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$ PTFE (teflón)	Antiadherente, aislante...
$\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-clorobutadieno	$-\text{CH}_2-\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2-$ cloropreno o neopreno	Aislante térmico, neumáticos
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ propenonitrilo (acrilonitrilo)	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-$ 	Tapicerías, alfombras, tejidos

	<i>poliacrilonitrilo</i>	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{COOCH}_3 \\ \text{metil-propenoato de metilo (metacrilato de metilo)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ -\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}- \\ \quad \\ \text{COOCH}_3 \quad \text{COOCH}_3 \\ \text{PMM (plexiglás)} \end{array}$	Muebles, lentes y equipos ópticos

Polietileno: el monómero inicial tiene la estructura $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, el eteno o etileno o vinilo.

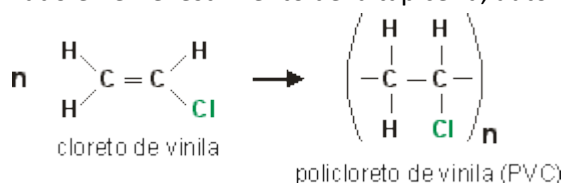


El etileno es un gas incoloro e inflamable, con olor débil y agradable que es sometido en un reactor a un proceso de polimerización, es decir la formación de largas cadenas que conforman la estructura del Plástico. Esta polimerización se realiza en presencia de un catalizador, presión y temperatura que posibilitan la formación de estas largas cadenas de polímero. Estos polímeros son termoplásticos sólidos que tienen la forma de gránulos y que son denominados "pellets". Estos pellets son luego utilizados por los transformadores como materia prima para dar lugar a los diferentes productos plásticos a través de los procesos de extrusión, soplado, moldeo o inyección.

El polietileno lineal se produce normalmente con pesos moleculares en el rango de 200.000 a 500.000, pero puede ser mayor aún. Posee alta resistencia a la humedad y al ataque químico, pero tiene baja resistencia mecánica.

El polietileno es uno de los polímeros más utilizados por la industria, siendo muy empleado en la fabricación de cortinas, envoltorios, etc), recipientes (bolsas, botellas, baldes, etc), caños plásticos, juguetes infantiles, en el aislado de cables eléctricos, etc.

Policloruro de vinilo (PVC): Se obtiene a partir de cloruro de vinilo. El PVC es duro y tiene una buena resistencia térmica y eléctrica. Con él se fabrican las cajas, azulejos, etc. Con plastificantes, se convierte en PVC blando, entonces se presta para la fabricación de mangueras, guantes, zapatos, DE "cuero - plástico" (utilizado en el revestimiento de la tapicería, automotriz, etc), obturadores longitudinales, etc



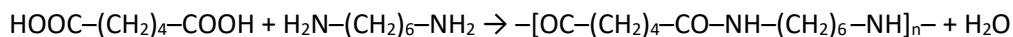
Polimerización por Condensación.

En cada unión de dos monómeros se pierde una molécula pequeña, por ejemplo agua. Por tanto, la masa molecular del polímero no es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero. Los principales polímeros de condensación son:

- Homopolímeros:
 - Polietilenglicol
 - Siliconas
- Copolímeros:
 - Poliésteres.
 - **Poliámidas. (Nylon)**

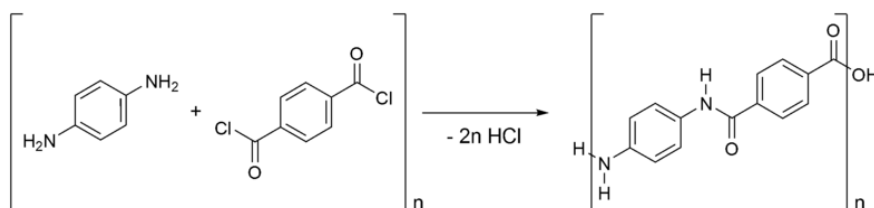
Sólo estudiaremos una poliamida, el nylon, que es una poliamida

Se producen por sucesivas reacciones entre el grupo ácido y el amino con formación de amidas. La cantidad de átomos de carbono en las cadenas de la amina y del ácido se puede indicar detrás de las iniciales de poli-amida (PA). La poliamida más conocida es el nailon o nilón (grafía en español del nombre comercial *nylon*) o PA6.6 formado por la copolimerización del ácido adípico (ácido hexanodioico) y la 1,6-hexanodiamina:



El nailon es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no precisa planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales. El nailon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, cuerdas, paracaídas, etc.

Otra poliamida muy utilizada hoy día es el kevlar, material con el que se diseñan los chalecos antibalas. Para fabricarlo se realiza una polimerización por pasos a partir de la p-fenilendiamina y el dicloruro del ácido tereftálico o cloruro de tereftaloilo.



Bibliografía:

-Este tema está basado en uno de F. Javier Gutiérrez Rodríguez, del IES "Clara Campoamor" de Madrid. El original http://fresno.pntic.mec.es/~fgutie6/quimica2/ArchivosHTML/Unidad_9.htm

-Morcillo, Jesús: "Temas básicos de Química". Alhambra Universidad, 1990.

-Petrucci y otros: "Química General". Pearson educación, 10ª edición, 2011. Los ejercicios están sacados de la recopilación PAU Madrid de la Fiquipedia. <http://www.fiquipedia.es/>

Ejercicios EBAU Cyl

- (260-S18) Indique y razone el tipo de reacción en los siguientes casos:
 - Etanal + Agua \rightarrow 1,1-etanodiol (etan-1,1-diol) (Hasta 0,5 puntos)
 - $\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{calor} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ (Hasta 0,5 puntos)
 - 2-propanol (propan-2-ol) + bromuro de hidrógeno \rightarrow 2-bromopropano + agua (Hasta 0,5 puntos)

S: adición nucleófila, eliminación de H₂O (deshidratación, Saytzeff) y sustitución nucleófila

- (250-J18) Nombre y formule los productos de las siguientes reacciones y especifique el tipo de reacción en cada caso:
 - p-clorobenzoato de metilo + agua (Hasta 0,5 puntos)
 - but-2-eno (2-buteno) + bromo (Hasta 0,5 puntos)
 - 3-cloro-2-metilhex-2-eno (3-cloro-2-metil-2-hexeno) + hidrógeno (Hasta 0,5 puntos)

S: hidrólisis (no sabemos si ácida o básica), adición electrófila al C=C y adición electrófila al C=C

- (245-J18) Escriba todas las aminas isómeras de fórmula C₄H₁₁N
 - Clasifíquelas en grupos según sean primarias, secundarias o terciarias. (Hasta 0,9 puntos)
 - Para cada una de las aminas terciarias que haya encontrado, proponga una reacción de formación de la correspondiente sal de amonio cuaternario. (Hasta 0,6 puntos)
- (240-S17) Conteste razonadamente las siguientes cuestiones:
 - Formule la reacción química que tiene lugar entre el ácido benzoico y el metanol, nombre todos los compuestos que participan y diga de qué tipo de reacción se trata. (1,0 puntos)
 - Escriba la reacción de polimerización entre 1,6-hexanodiamina y ácido hexanodioico para formar el nailon-6,6. (0,5 puntos)

S: a) condensación (esterificación): se forma benzoato de metilo y agua

5. **(225-J17)** Escriba la fórmula de los productos de polimerización de los siguientes compuestos, especificando el tipo de reacción que se ha producido.
- $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ (0,5 puntos)
 - $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2 + \text{COOH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ (0,5 puntos)
 - $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ (0,5 puntos)
6. **(235-S17)** Utilizando compuestos orgánicos con tres átomos de carbono ponga un ejemplo de cada uno de los tipos de reacciones orgánicas siguientes:
- Adición. (0,5 puntos)
 - Eliminación. (0,5 puntos)
 - Sustitución. (0,5 puntos)
- Formule y nombre los reactivos y los productos.
7. **(240-S17)** Conteste razonadamente las siguientes cuestiones:
- Formule la reacción química que tiene lugar entre el ácido benzoico y el metanol, nombre todos los compuestos que participan y diga de qué tipo de reacción se trata. (1,0 puntos)
 - Escriba la reacción de polimerización entre 1,6-hexanodiamina y ácido hexanodioico para formar el nailon-6,6. (0,5 puntos)
- S: a) condensación (esterificación) : se forma benzoato de metilo y agua**

11 Ejercicios PAU Madrid

8. **(A5-Modelo 2016)**- El 2-propanol y el etilmetileter son dos compuestos isómeros con propiedades muy diferentes.
- Formule dichos compuestos.
 - ¿Cual de los dos compuestos, cuando se deshidrata con ácido sulfúrico en caliente, da lugar a propeno? Escriba la reacción e indique de qué tipo de reacción se trata.
 - Escriba la reacción de obtención del etilmetileter a partir de la deshidratación de dos alcoholes en presencia de ácido sulfúrico en caliente. Nombre los alcoholes implicados.
9. **(A5-S15)** Considere los compuestos orgánicos metilpropeno y ácido 2-metilbutanoico.
- Escriba sus fórmulas semidesarrolladas.
 - Escriba la reacción entre el metilpropeno y el HCl, nombrando el producto mayoritario e indicando de qué tipo de reacción se trata.
 - Escriba la reacción entre el ácido 2-metilbutanoico y el etanol, nombrando el producto orgánico e indicando de qué tipo de reacción se trata.
10. **(B3-J15)** Complete las siguientes reacciones y nombre en cada caso el reactivo y el producto mayoritario obtenido, e indique el tipo de reacción:
- $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
 - $\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow$
 - $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_3 + \text{H}_2\text{O (medio ácido)} \rightarrow$
 - $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{Br}_2$
11. **(B3-J15)** Para el compuesto 2-metil-2-buteno:
- Escriba su fórmula semidesarrollada.
 - Formule y nombre dos compuestos de cadena abierta que sean isómeros de él.
 - Escriba la reacción del citado compuesto con ácido clorhídrico, nombre el producto mayoritario e indique qué tipo de reacción es.
12. **(A3-Modelo 15)** Un alcohol insaturado A, de fórmula $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$, se oxida y se obtiene 3-penten-2-ona, mientras que la deshidratación del alcohol A con ácido sulfúrico conduce a 1,3-pentadieno.

- a) Identifique y nombre el compuesto A.
 b) Formule las dos reacciones del enunciado e indique a que tipo corresponde cada una de ellas.
 c) Formule y nombre un isomero de funcion del compuesto A.
 d) Escriba la reaccion de obtencion del compuesto del enunciado a partir de un alcohol.
- 13. (B3-Modelo 15)** El aminoacido alanina es el acido 2-aminopropanoico.
 a) Formule este compuesto.
 b) Justifique si tiene comportamiento acido o basico en disolucion acuosa.
 c) Explique que tipo de reaccion de polimerizacion da si se considera como el monomero para la sintesis de polialanina.
 d) Indique que polimeros sinteticos comerciales existen con la misma estructura basica de la polialanina.
- 14. (A3-S14)** El aminoacido leucina es el acido 2-amino-4-metilpentanoico.
 a) Escriba su formula semidesarrollada.
 b) Formule y nombre un compuesto que sea isomero de cadena de la leucina.
 c) Escriba la reaccion de la leucina con el metanol, nombre los productos e indique que tipo de reaccion es.
 d) Si en la leucina se sustituye el grupo amino por un grupo alcohol, formule y nombre el compuesto resultante.
- 15. (A2-J14)** Para los compuestos acido etanoico, bromometano y dimetil eter:
 a) Escriba sus formulas semidesarrolladas.
 b) Razone si alguno de ellos contiene atomos de carbono con hibridacion sp^2 o sp . En caso afirmativo, indique cual o cuales son dichos carbonos.
 c) Indique cual de los tres compuestos reaccionara con etanol; formule y nombre el producto de la reaccion.
 d) Escriba la reaccion que tendra lugar cuando el bromometano reacciona con NaOH. .De que tipo de reaccion se trata? Nombre el producto.
- 16. (B4-J14)**- Se hacen reaccionar 50 mL de una disolucion de acido propanoico 0,5 M con 100 mL de una disolucion de etanol 0,25 M. El disolvente es agua.
 b) Formule el equilibrio que se produce en la reaccion del enunciado, indicando el nombre de los productos y el tipo de reaccion.
 c) Si la constante de equilibrio del proceso del enunciado tiene un valor $K_c = 4,8$ a 20 oC, calcule la masa presente en el equilibrio del producto organico de la reaccion.
 Datos: pK_a (ac. propanoico) = 4,84. Masas atomicas: H = 1; C = 12; O = 16
- 17. (A3-Modelo 14)** Considere los compuestos organicos de formula C_3H_8O .
 a) Escriba y nombre los posibles alcoholes compatibles con esa formula.
 b) Escriba y nombre los isomeros de funcion compatibles con esa formula, que no sean alcoholes.
 c) Escriba las reacciones de deshidratacion de los alcoholes del apartado a), nombrando los productos correspondientes.
 d) Escriba las reacciones de oxidacion de los alcoholes del apartado a), nombrando los productos correspondientes.
- 18. (B3-J15)** Para las siguientes reacciones:
 i. $CH_3-CH=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_3$
 ii. $CH_3-C \equiv CH + 2Br_2 \rightarrow CH_3-CBr_2-CHBr_2$
 iii. $CH_3-CH_2-CHO + LiAlH_4 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_2OH$
 iv. $CH_3-CH_2-CH_2OH + H_2SO_4 \rightarrow CH_3-CH=CH_2 + H_2O$
 a) Nombre los reactivos y productos e indique el tipo de reaccion que se produce en cada caso.

19. **(A3-S13)** Para cada uno de los siguientes procesos, formule la reacción, indique el nombre de los productos y el tipo de reacción orgánica:
- Hidrogenación catalítica de 3-metil-1-buteno.
 - Deshidratación de 1-butanol con ácido sulfúrico.
 - Deshidrohalogenación de 2-bromo-2-metilpropano.
 - Reacción de propanal con KMnO_4 .
20. **(B3-J13)** Dados los compuestos: etilmetil éter, ácido propanoico, 2-propanol y propanal,
- ¿Cuáles son isómeros de función? Escriba sus fórmulas semidesarrolladas.
 - ¿Cuáles reaccionan entre sí para dar un éster? Escriba la reacción.
 - ¿Cuál puede dar un alqueno al tratarlo con ácido sulfúrico? Escriba la reacción y nombre el alqueno.
 - ¿Cuál puede dar un ácido por oxidación? Escriba la reacción y nombre el ácido.
21. **(B3-J13)** Formule las reacciones orgánicas de los siguientes apartados, indicando el tipo de reacción:
- Formación de 1-buteno a partir de 1-butanol.
 - Obtención de propanoato de metilo a partir de ácido propanoico y metanol.
 - Obtención de propano a partir de propino.
 - Obtención de metanol a partir de clorometano.
22. **(A3-Modelo 13)** La obtención de alcoholes y fenoles se puede realizar por distintos métodos. Para cada uno de los siguientes apartados, formule la reacción completa e indique el nombre de todos los productos orgánicos:
- Hidrólisis en medio ácido del propanoato de etilo para obtener etanol.
 - Reducción con hidrógeno de 3-metilbutanona para obtener un alcohol secundario.
 - Hidrólisis, en presencia de KOH, del 2-bromo-2-metilpropano para obtener un alcohol terciario.
 - Tratamiento de la amina primaria fenilamina con ácido nitroso para obtener fenol, nitrógeno molecular y agua.
23. **(B3-S12)** Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas, escribiendo las fórmulas semidesarrolladas de los compuestos que aparecen nombrados.
- El compuesto de fórmula es el 2-cloro-3-metil-2-buteno.
 - El pentanal y el 2-penten-3-ol son isómeros de posición.
 - La regla de Markovnikov predice que el producto mayoritario resultante de la reacción del propeno con HBr es el 1-bromopropano.
 - La reacción de propeno con cloro molecular produce mayoritariamente 2-cloropropano.
24. **(B3-J12)** Escriba las reacciones y nombre los productos que correspondan a:
- La deshidratación del alcohol primario de 3 átomos de carbono.
 - La oxidación del alcohol secundario de 3 átomos de carbono.
 - La hidrogenación del alqueno de 3 átomos de carbono.
 - La reducción del aldehído de 3 átomos de carbono.
25. **(3B-Modelo 12)** Indique razonadamente, escribiendo de forma esquemática las reacciones correspondientes, a qué tipo de reacciones orgánicas corresponden los siguientes procesos:
- La síntesis del nailon a partir del ácido 6-aminohexanoico.
 - La síntesis del teflón a partir del tetrafluoroetileno.