

Laboratorio de análisis y control de calidad

Ciclo formativo de Grado Superior

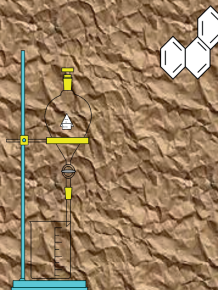
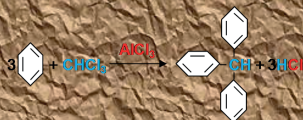
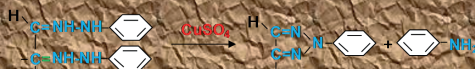
Análisis Químicos

FP

Módulo profesional

ANÁLISIS

ORGÁNICO



Juan Antonio Benito de Vega

María del Carmen Escribano González

Análisis químicos. FP

Juan Antonio Benito de Vega, M^a del Carmen Escribano González

Editado por:

PUNTO ROJO LIBROS, S.L.

Cuesta del Rosario, 8

Sevilla 41004

España

902.918.997

info@punterojolibros.com

Impreso en España

ISBN: 978-84-17479-61-9

Maquetación, diseño y producción: Punto Rojo Libros

© 2018 Juan Antonio Benito de Vega, M^a del Carmen Escribano González

© 2018 Punto Rojo Libros, de esta edición

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización por escrito de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de esta edición mediante alquiler o préstamos públicos.

ÍNDICE		Pág.
Sección 9.	Química orgánica	697
9.1.	Introducción	703
9.1.1.	La química del carbono	703
9.1.2.	Las fórmulas en la química del carbono	704
9.1.2.1.	Fórmulas empíricas	704
9.1.2.2.	Fórmulas moleculares	704
9.1.2.3.	Fórmula estructural	704
9.1.2.3.1.	Fórmula semidesarrollada	704
9.1.2.3.2.	Fórmula desarrollada	704
9.1.2.3.2.	Fórmula tridimensional	705
9.1.3.	Cadena carbonada	705
9.1.4.	Función o grupo funcional	705
9.1.4.1.	Clasificación de las funciones orgánicas	706
9.1.4.1.1.	Funciones hidrogenadas.	706
9.1.4.1.2.	Funciones oxigenadas.	707
9.1.4.1.3.	Funciones nitrogenadas	708
9.1.4.1.4.	Funciones halogenadas	708
9.1.5.	Series homólogas	708
9.1.6.	Isomería	708
9.1.6.1.	Isomería de cadena	708
9.1.6.2.	Isomería de posición	709
9.1.6.3.	Isomería de función	709
9.1.6.4.	Isomería geométrica	709
9.1.6.5.	Isomería óptica	709
9.1.7.	Tautomería	710
9.1.7.	Polimería	710
9.1.8.	Reacciones orgánicas	710
9.1.8.1.	Efectos electrónicos en las moléculas orgánicas	711
9.1.8.3.	Tipos de reactivos	712
9.1.8.4.	Tipos de reacciones orgánicas	713
9.2.	Funciones orgánicas. Reacciones y nomenclatura	715
9.2.1.	Hidrocarburos	715
9.2.1.1.	Hidrocarburos alifáticos	715
9.2.1.1.1.	Acíclicos o lineales	715
9.2.1.1.1.a.	Saturados. Alcanos o parafinas	715
9.2.1.1.1.b.	Alquenos o etilénicos	717
9.2.1.1.1.c.	Alquinos	719
9.2.1.1.1.d.	Hidrocarburos no saturados con dobles y triples enlaces.	720
9.2.1.1.2.	Hidrocarburos cíclicos	721
9.2.1.2.	Hidrocarburos aromáticos	722
9.2.2.	Derivados halogenados de los hidrocarburos	724
9.2.3.	Compuestos oxigenados	725
9.2.3.1.	Alcoholes	725
9.2.3.2.	Fenoles	728
9.2.3.3.	Éteres	729
9.2.3.4.	Grupos carbonílicos	730
9.2.3.5.	Ácidos carboxílicos	735
9.2.3.6.	Derivados de ácidos	738
9.2.3.6.1.	Anhídridos	738
9.2.3.6.2.	Ésteres	739
9.2.3.6.3.	Grasas y lípidos	740
9.2.3.6.4.	Haluros de ácido	741
9.2.4.	Compuestos nitrogenados	742
9.2.4.1.	Aminas	742
9.2.4.2.	Amidas	745

9.2.4.3.	Nitrilos	747
9.2.4.4.	Nitrioderivados	748
9.2.5.	Resúmenes	749
9.3.1.	Purificación de sustancias. Técnicas	751
9.3.1.1.	Cristalización	751
9.3.1.2.	Destilación	753
9.3.1.2.1.	Destilación a presión normal	754
9.3.1.2.2.	Destilación a presión reducida (a vacío)	755
9.3.1.2.3.	Destilación por arrastre	756
9.3.1.2.4.	Destilación fraccionada o rectificación	756
9.3.1.3.	Sublimación	757
9.3.1.4.	Extracción	758
9.3.1.4.1.	Extracción líquido-líquido	758
9.3.1.4.2.	Extracción sólido-líquido	759
9.3.1.4.3.	Técnicas relacionadas con la extracción	759
9.3.2.	Análisis orgánico previo	761
9.3.2.1.	Estado físico	761
9.3.2.2.	Color	762
9.3.2.3.	Olor	763
9.3.2.4.	Calentamiento sobre la llama	763
9.3.2.5.	Sabor	763
9.3.3.	Constantes físicas	764
9.3.3.1.	Puntos de fusión	764
9.3.3.2.	Punto de ebullición	767
9.3.3.3.	Rotación específica	768
9.3.3.4.	Índice de refracción	768
9.3.4.	Análisis cualitativo	769
9.3.4.1.	Carbono	769
9.3.4.2.	Hidrógeno	770
9.3.4.3.	Fusión alcalina. Método de Lassaigne	771
9.3.4.4.	Nitrógeno	771
9.3.4.5.	Azufre	772
9.3.4.6.	Halógenos	773
9.3.4.7.	Fósforo	775
9.3.4.8.	Metales	775
9.3.4.9.	Oxígeno	775
9.3.5.	Análisis cuantitativo	776
9.3.5.1.	Determinación de carbono e hidrógeno	777
9.3.5.2.	Determinación de nitrógeno	778
9.3.5.3.	Halógenos	780
9.3.5.3.a.	Determinación de halógenos. Método de Carius	780
9.3.5.3.b.	Determinación de halógenos. Fusión alcalina	781
9.3.5.4.a	Determinación de azufre. Método de Carius	781
9.3.5.4.b.	Determinación de azufre. Con peróxido de sodio	781
9.3.5.5.	Determinación de fósforo. Como mezcla de fusión	782
9.3.5.6.	Determinación de oxígeno. Método de Aluisse	782
9.3.6.	Determinación de la fórmula empírica	783
9.3.7.	Determinación de la masa molecular	783
9.3.7.1.	Determinación de las masas moleculares de sustancias gaseosas o volátiles	783
9.3.7.1.1.	Método de Dumas	784
9.3.7.1.2.	Método de Víctor Meyer	784
9.3.7.1.3.	A partir de las densidades gaseosas	785
9.3.7.2.	Determinación de las masas moleculares de disoluciones	786
9.3.7.2.1.	Disminución de la presión de vapor	786
9.3.7.2.2.	Elevación del punto de ebullición	786
9.3.7.2.3.	Descenso del punto de congelación	787
9.3.7.2.4.	Método del alcanfor de Rast	788

9.3.7.2.5.	Presión osmótica	788
9.3.7.3.	Determinación de la masa molecular. Métodos químicos	789
9.3.7.3.1.	Masas moleculares de hidrocarburos	789
9.3.7.3.2.	Masas moleculares de ácidos orgánicos	789
9.3.7.3.3.	Masas moleculares de bases orgánicas	789
9.3.7.4.	Determinación de las masas moleculares. Métodos físicos	790
9.3.7.4.1.	Espectro de masas	790
9.3.7.4.2.	Masas moleculares de polímeros	790
9.3.7.4.2.1.	Velocidad de difusión	790
9.3.7.4.2.2.	Velocidad de sedimentación	790
9.3.7.4.2.3.	Viscosidad	791
9.3.8.	Determinación de la fórmula molecular	791
9.3.9.	Solubilidad	792
9.3.9.1.	Procedimiento para ensayar la solubilidad	793
9.3.9.2.	Forma de realizar el ensayo	794
9.3.9.3.	Identificación de sustancias según su solubilidad	796
9.3.10.	Análisis funcional	797
9.3.10.1.	Hidrocarburos	797
9.3.10.1.1.	Hidrocarburos alifáticos	797
9.3.10.1.1.a.	Identificación de hidrocarburos saturados. Con agua de bromo	797
9.3.10.1.1.b.	Identificación de hidrocarburos insaturados (alquenos). Con agua de bromo	797
9.3.10.1.1.c.	Identificación de hidrocarburos insaturados (alquinos). Con agua de bromo	797
9.3.10.1.1.d.	Diferencia entre alquenos y alquinos	797
9.3.10.1.2.	Hidrocarburos aromáticos	797
9.3.10.1.2.a.	Identificación h. aromáticos. Con ácido nítrico en medio ácido sulfúrico	798
9.3.10.1.2.b.	Identificación hidrocarburos aromáticos. Por alquilación de Friedel-Crafts	799
9.3.10.1.2.c	Diferencia entre hidrocarburos alifáticos y aromáticos	799
9.3.10.2	Alcoholes	800
9.3.10.2.1.	Identificación de alcoholes. Con cloruro de acetilo	800
9.3.10.2.2.	Identificación de alcoholes. Con sodio	801
9.3.10.2.3.	Identificación de alcoholes. Con reactivo de Lucas	801
9.3.10.2.4.	Identificación de alcoholes. Con reactivo de Nessler	800
9.3.10.2.5.	Diferencia entre los tres tipos de alcoholes	803
9.3.10.3.	Fenoles	805
9.3.10.3.1.	Identificación de fenoles con cloruro de hierro (III)	805
9.3.10.3.2.	Identificación de fenoles con agua de bromo	805
9.3.10.4.	Éteres	806
9.3.10.4.1.	Identificación de éteres. Método Zeisel	806
9.3.10.5.	Grupos carbonilos	806
9.3.10.5.1.	Identificación de grupos carbonilo con 2,4-dinitrofenilhidrazina	806
9.3.10.5.2.a	Diferencia entre aldehídos y cetonas. Reactivo Tollens	807
9.3.10.5.2.b.	Diferencia entre aldehídos y cetonas. Reactivo de Fehling	808
9.3.10.6.	Ácidos	809
9.3.10.6.1.	Identificación de ácidos por su olor picante	809
9.3.10.6.2.	Identificación de ácidos por su pH en disolución acuosa	809
9.3.10.6.3.	Identificación de ácidos con hidrogenocarbonato de sodio	809
9.3.10.6.4.	Identificación de ácidos por formación de ésteres	809
9.3.10.7.	Anhídridos, ésteres y cloruros de ácido.	810
9.3.10.7.1.	Identificación de anhídridos, ésteres y cloruros de ácido. Con ácido hidroxámico	810
9.3.10.7.2.a.	Diferencia entre anhídridos, esteres y cloruros de ácido. Análisis elemental	810
9.3.10.7.2.b.	Diferencia entre anhídridos, esteres y cloruros de ácido. Solubilidad en hidrogenocarbonato de sodio	810
9.3.10.7.2.c.	Diferencia entre anhídridos, esteres y cloruros de ácido. Hidrólisis	809

	alcalina	
9.3.10.8.	Azúcares	811
9.3.10.8.1.	Identificación de azúcares. Ensayo de Molisch	812
9.3.10.8.2.	Identificación de azúcares. Ensayo de Barfoed	812
9.3.10.8.3.	Identificación de azúcares. Reactivo de Fehling	813
9.3.10.8.4.	Identificación de azúcares. Reactivo de Benedict	813
9.3.10.8.5.	Identificación de azúcares. Con agua de bromo	813
9.3.10.8.6.	Identificación de azúcares. Con ácido nítrico	813
9.3.10.8.7.	Identificación de azúcares. Con ácido yodhídrico	813
9.3.10.8.8.	Identificación de azúcares. Formación de osazonas	814
9.3.10.9.	Polialcoholes	815
9.3.10.9.1.	Identificación de polialcoholes. Ensayos de alcoholes	815
9.3.10.9.2.	Identificación de polialcoholes. Con ácido yodhídrico	815
9.3.10.10.	Identificación de acetales. Hidrólisis	815
9.3.10.11.	Identificación de quinonas. Con hidrogenosulfito de sodio	815
9.3.10.12.	Aceites grasas y ceras	816
9.3.10.12.1.	Identificación de aceites grasas y ceras. Índice de ácido	816
9.3.10.12.2.	Identificación de aceites grasas y ceras. Índice de acetilo	817
9.3.10.12.3.	Identificación de aceites grasas y ceras. Índice de yodo	817
9.3.10.12.4.	Identificación de aceites grasas y ceras. Índice de saponificación	817
9.3.10.13.	Aminas	818
9.3.10.13.1.	Identificación de aminas. Desprendimiento de amoniaco	818
9.3.10.13.2.	Identificación de aminas. Reacción de Hinsberg	818
9.3.10.13.3.	Identificación de aminas. Método de Herzig-Meyer	819
9.3.10.13.4.	Identificación de aminas. Formación de cloro hidrato	819
9.3.10.13.5.	Identificación de aminas. Con cloruro de acetilo	819
9.3.10.14.	Oximas. Identificación por hidrólisis	820
9.3.10.15.	Hidracinas	820
9.3.10.16.1.	Identificación de nitroderivados. Ensayos de reducción	820
9.3.10.16.2.	Identificación de nitroderivados. Reacción de Janowsky	820
9.3.10.17.1.	Identificación de nitrilos. Reacción con sodio metálico	821
9.3.10.17.2.	Identificación de nitrilos. Hidrólisis en medio ácido	821
9.3.10.18.1.	Amidas	822
9.3.10.18.1.	Identificación de amidas. Hidrólisis en medio alcalino	822
9.3.10.18.2.	Identificación de amidas. Hidrólisis en medio ácido	822
9.3.10.19.	Ureas	822
9.3.10.19.1	Identificación de ureas. Con hidróxido de sodio	822
9.3.10.19.2.	Identificación de ureas. Ensayo de biuret	822
9.3.10.20.	Identificación de compuestos de azufre	823
9.3.10.21.	Identificación de compuestos de nitrógeno y de azufre	823
9.3.10.22.	Identificación de sulfamidas	823
9.3.10.23.	Identificación de halógenos	823
9.3.11.	Estructura	824
9.3.11.1.	Determinación de la estructura	824
9.3.11.1.1.	Determinación de la estructura. Método analítico	824
9.3.11.1.2.	Determinación de la estructura. Métodos físicos	824
9.3.11.1.2.1.	Espectro infrarrojo	824
9.3.11.1.2.2.	Espectro de Raman	825
9.3.11.1.2.3.	Espectro ultravioleta	825
9.3.11.1.2.4.	Espectro de resonancia magnética nuclear	825
9.3.11.1.2.5	Momento dipolar	825
9.3.11.1.2.5.	Análisis por rayos X	826
9.3.11.1.2.6.	Difracción electrónica	826
9.3.11.1.2.7.	Índice de refracción	826
9.4	Problemas	827

Sección 9. Análisis orgánico

9.1. Introducción

9.1.1. La química del carbono

Se denomina química orgánica a la parte de la química que estudia los compuestos del carbono, excluidos los óxidos, el ácido carbónico y los carbonatos. Los compuestos pueden ser naturales o sintéticos.

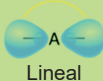
El carbono está caracterizado por:

1. **Poseer enlaces estables** (generalmente covalentes, excepto en sales de ácidos o bases orgánicas). *El carbono en los compuestos orgánicos actúa siempre con valencia cuatro*, tetravalente.
2. **Poder unirse con otro elemento no metálico** (H, O, N, F, Cl, Br, I, P, S).
3. **Tener la posibilidad de unirse a otro átomo de carbono** por medio de enlace *simple, doble o triple*.

Enlaces simples, C-C. Con **hibridación sp^3** , la molécula es tetraédrica, el carbono está rodeado por cuatro **enlaces sencillos**.

Enlaces dobles, C=C. Con **hibridación sp^2** . Se hibridan los orbitales 2s, 2p_x, 2p_y, permaneciendo sin hibridar el 2p_z. Se forman tres orbitales híbridos equivalentes, situados en el mismo plano, formando ángulos iguales de 120°, y un cuarto orbital p sin hibridar, situado perpendicularmente al plano anterior. Los orbitales complementarios dan lugar a enlaces “sigma” (σ) y el orbital perpendicular 2p_z a un enlace “pi” (π). *Los compuestos con dobles enlaces son más reactivos que los de enlace simple.*

Enlaces triples, C≡C. Con **hibridación sp** , sólo se hibridan los orbitales 2s y 2p_z situados sobre los ejes Y y Z. El triple enlace está constituido por un enlace “ σ ” y dos enlaces “ π ”. *La molécula es más reactiva que en el caso de enlaces simple y doble.*

Estructura electrónica del átomo de carbono $1s^2 2s^2 2p^2$				
Tipo de hibridación	Orbitales	Geometría	Ángulos	Enlace
sp^3	4 sp^3	 Tetraédrica	109,5°	Sencillo
sp^2	3 sp^2 1p	 Trigonal plana	120°	Doble
sp	2sp 2p	 Lineal	180°	Triple

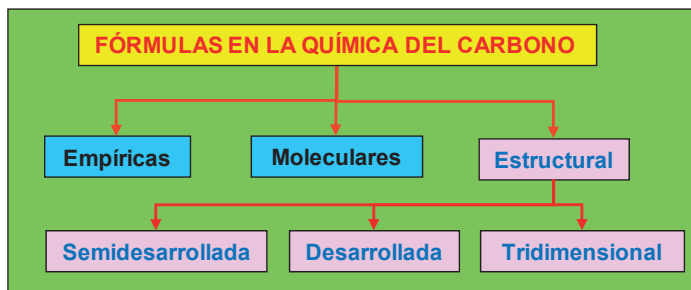
 **Hibridación.** Formación de orbitales nuevos por combinación lineal de uno completo y de otro/s vacío/s o incompletos

La reactividad de las moléculas orgánicas es función de la estructura molecular de las mismas. Su conocimiento permite comprender diferentes reacciones.

9.1.2. Las fórmulas en la química del carbono

En los compuestos orgánicos un compuesto puede expresarse de forma diferente.

✚ **Fórmula.** Conjunto de símbolos de los elementos que intervienen en la composición de una sustancia seguidos de unos subíndices numéricos que indican la proporción relativa de cada elemento, los subíndices se omiten si su valor es la unidad.



9.1.2.1. Fórmulas empíricas

Se obtienen del análisis cuantitativo elemental, en ellas aparecen las proporciones relativas en la que los átomos de los distintos elementos entran a formar parte de la molécula del compuesto. Tienen poca utilidad pues la misma fórmula puede representar un elevado número de compuestos. Únicamente indica los átomos y la cantidad en la que intervienen, $(\text{CH}_2)_n$.

9.1.2.2. Fórmulas moleculares

Se obtienen a partir de la fórmula empírica y de la masa molecular del compuesto.

Indican la clase y el número de átomos que intervienen en cada molécula. $(\text{CH}_2)_2$.

Una misma fórmula puede representar a varios compuestos (isómeros), por ello no suelen utilizarse.

Empírica	Molecular	Semidesarrollada	Desarrollada
$(\text{CH}_2)_n$	$(\text{CH}_2)_2$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Expresión de las fórmulas orgánicas			

9.1.2.3. Fórmula estructural

Son necesarias para conocer la molécula y pueden ser semidesarrolladas, desarrolladas y tridimensionales. Indica la estructura de la molécula.

9.1.2.3.1. Fórmula semidesarrollada

En ellas figuran los enlaces entre los átomos de carbono. Los demás átomos que intervienen en la fórmula se agrupan en el carbono que les corresponde. $\text{CH}_2=\text{CH}_2$.

9.1.2.3.2. Fórmula desarrollada

En ella constan la totalidad de los enlaces existentes entre los átomos de carbono y los de los demás elementos o grupos atómicos que intervienen en la molécula del compuesto. Indica el modo en que están dispuestos los átomos en la molécula.

En casos de cadenas largas se puede emplear simplificaciones:

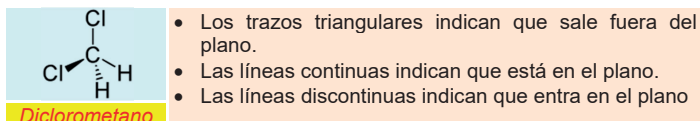
Ejemplo	Pentano
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-CH}_3$

En ocasiones se emplean representaciones geométricas:

Ejemplo	Ciclobutano
$\begin{array}{cc} \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \\ & & \\ \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \end{array}$	

9.1.2.3.2. Fórmula tridimensional

Las moléculas orgánicas tridimensionales se representan:



9.1.3. Cadena carbonada

Cadena carbonada. Es el esqueleto de prácticamente todos los compuestos orgánicos y está formada por un conjunto de varios átomos de carbono, unidos entre sí mediante enlaces covalentes carbono-carbono y a la que se unen o agregan otros átomos como hidrógeno, oxígeno o nitrógeno, formando variadas estructuras, lo que origina infinidad de compuestos diferentes.

Conjunto de carbonos que conforman el esqueleto de la molécula del compuesto. Pueden ser **acíclicas y cíclicas o cerradas**.

1. **Acíclicas o abiertas.** Presentan una cadena abierta, sin ciclos. Pueden ser:
 - a. **Lineales.** No tienen ramificaciones.
 - b. **Ramificadas.** Tienen ramificaciones.
2. **Cíclicas o cerradas.** Presentan una cadena cerrada, con ciclos. Pueden ser:
 - a. **Homocíclica.** En los anillos todos los eslabones de la cadena son iguales. Todos los componentes del ciclo son carbono.
 - b. **Heterocíclica.** En los anillos no todos los eslabones de la cadena son iguales. Al menos uno de los componentes del ciclo es un elemento diferente al carbono.

Cadena carbonada			
Acíclicas		Cíclicas	
Lineales	Ramificadas	Homocíclica	Heterocíclica
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_3 \end{array}$		
Butano	Metilpropano	Benceno	Piridina

9.1.4. Función o grupo funcional

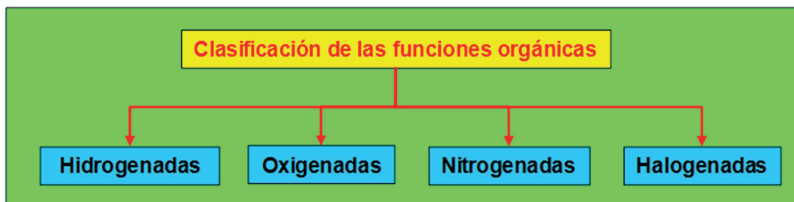
Átomo o agrupación de átomos, con una determinada disposición que confieren a una molécula unas propiedades características.

Grupo funcional. Átomo o conjunto de átomos unidos a una cadena carbonada, representada en la fórmula general por R para los compuestos alifáticos y como Ar (radicales alifáticos) para los compuestos aromáticos.

Al conjunto de compuestos que poseen las mismas propiedades se le denomina **función química**.

El grupo funcional se repite en todos los compuestos que tienen las mismas propiedades, y es al que se deben estas propiedades.

9.1.4.1. Clasificación de las funciones orgánicas



9.1.4.1.1. Funciones hidrogenadas

Formadas *únicamente por átomos de carbono e hidrógeno*. Se denominan **hidrocarburos**. Pueden ser de cadena:

1. **Abierta**. Pueden ser:

a. **Saturados**, denominados alcanos o parafinas, *sin insaturaciones*.

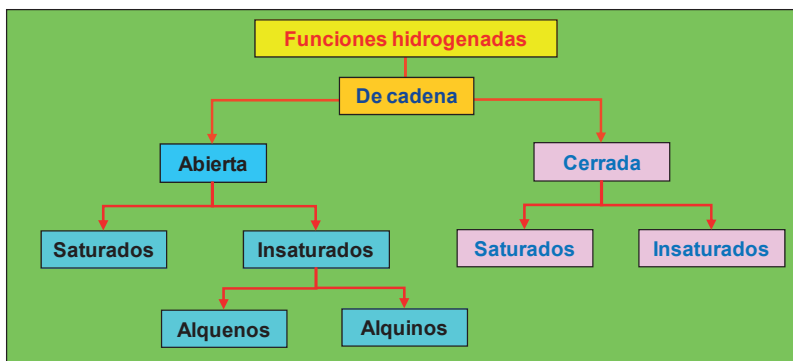
b. **Insaturados**, *con insaturaciones*, pueden ser:

- **Alquenos** o etilénicos, con *dobles enlaces*.
- **Alquinos** o acetilénicos, con *triples enlaces*

2. **Cerrada**. Pueden ser:

a. **Saturados**, *cicloalcanos*.

b. **Insaturados**.



9.1.4.1.2. Funciones oxigenadas

Constituidas por átomos de *carbono*, *oxígeno* e *hidrógeno*. Pueden clasificarse en tres grupos, según el número de enlaces existentes entre el carbono perteneciente al esqueleto hidrocarbonado de la molécula y el átomo de oxígeno.

Grupo I. Funciones oxigenadas

Un sólo enlace, sencillo, entre el átomo de carbono y el átomo de oxígeno, C-O, que a su vez puede estar unido a diversos átomos.

Alcoholes	R-O-H
Fenoles	R-O-H, R: aromático
Éteres	R-O-R ₁
Hidroperóxidos	R-O-O-H
Peróxidos	R-O-O-R ₁

Grupo II. Funciones oxigenadas

Existe **un doble enlace** entre el átomo de carbono y el átomo de oxígeno, **C=O** o bien **dos átomos de oxígeno** unidos por un enlace sencillo.

Aldehídos	Cetonas
Acetales	Cetales

Grupo III. Funciones oxigenadas

Derivados de la función carboxílica. Se convierten en dicha función por hidrólisis.

Ácidos carboxílicos	Haluros de ácido. X = halógeno
Anhídridos	Esteres
Amidas	Imidas

9.1.4.1.3. Funciones nitrogenadas

Constituidas por átomos de **carbono nitrógeno e hidrógeno**. En algunos casos pueden contener **oxígeno**.

- | | |
|--------------------|-------------|
| - Nitrocompuestos. | - Amidas. |
| - Aminas. | - Nitrilos. |

9.1.4.1.4. Funciones halogenadas

Constituidas por un **halógeno** como sustituyente de uno o varios hidrógenos.

9.1.5. Series homólogas

Conjunto de compuestos que **poseen el mismo grupo funcional** y cada compuesto se diferencia del siguiente por tener **un carbono menos en su molécula**.

9.1.6. Isomería

Sustancias de **igual fórmula empírica** y **diferente fórmula estructural** y propiedades.

Se debe a que los mismos átomos están reagrupados de una forma diferente constituyendo dos moléculas diferentes.

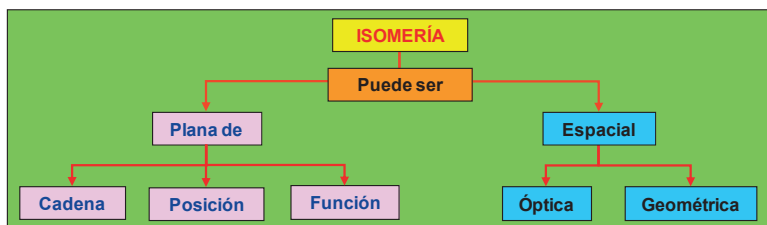
La isomería puede ser:

1. **Plana**. Con fórmulas desarrolladas en el plano. A su vez puede ser de:

- | | | |
|------------|--------------|-------------|
| a. Cadena. | b. Posición. | c. Función. |
|------------|--------------|-------------|

2. **Espacial**. Con fórmulas tridimensionales. Puede ser:

- Geométrica (cis-trans).
- Óptica.



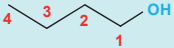
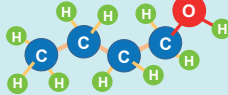
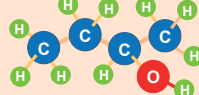
9.1.6.1. Isomería de cadena

Estos isómeros poseen la **misma fórmula molecular** y sus **fórmulas estructurales se diferencian en la distinta posición de los carbonos dentro de la misma molécula**.

Ejemplo	Isomería de cadena	
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$		
Butano	Metilpropano o isobutano	

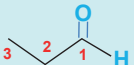
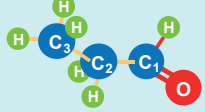
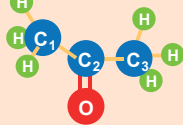
9.1.6.2. Isomería de posición

Compuestos con los **mismos grupos funcionales** y que se diferencian por la **distinta posición de éstos**.

Ejemplo		Isomería de posición	
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$		$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$	
			
1-butanol		2-butanol	

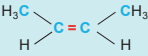
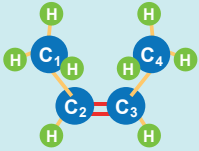
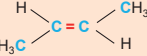
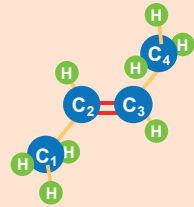
9.1.6.3. Isomería de función

Compuestos con la **misma fórmula molecular** y **distinto grupo funcional**.

Ejemplo		Isomería de función	
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$		$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$	
			
Propanal		Propanona	

9.1.6.4. Isomería geométrica

Compuestos con dos átomos de carbono unidos por un **doble enlace**, a su vez **unidos**, cada uno de ellos, a **parejas de radicales iguales**. Los átomos o grupos iguales pueden estar situados **al mismo lado "cis"** o **al lado opuesto "trans"** del plano que pasa por los dos átomos de carbono y es perpendicular al plano que contiene a todo el sistema molecular.

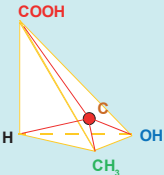
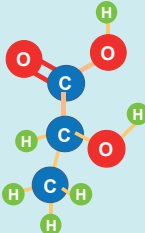
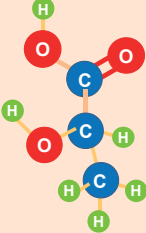
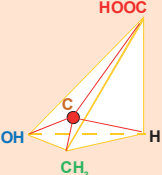
Ejemplo		Isomería geométrica	
$\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$			
			
Cis-buteno		Trans-buteno	

Átomo de carbono **asimétrico o carbono quiral**. Es un átomo de carbono, de un compuesto orgánico, con sus cuatro valencias sustituidas por átomos o grupos **atómicos diferentes**. Estos compuestos, denominados **isómeros ópticos o enantiómeros**, poseen las mismas propiedades excepto en el distinto comportamiento frente a la luz polarizada. Estos isómeros pueden ser, según desvían el plano de polarización:

	Desvían el plano de polarización hacia la:
Dextro (+)	Derecha
Levo (-)	Izquierda

✚ **Carbono asimétrico o carbono quiral.** Es un átomo de carbono que está enlazado con cuatro sustituyentes o elementos diferentes.

La mezcla equimolecular de ambos **enantiómeros** se denomina **racémico**, y **carece de actividad óptica**.

Ejemplo		Ácido láctico	
Forma dextrógira	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Forma levógira	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
			
En un espejo una es la imagen de la otra.			

9.1.7. Tautomería

Se conoce con este nombre la existencia de una sustancia orgánica de **dos isómeros estructurales**, **convertibles uno en otro**, y que como norma general no son separables.

Ejemplo	Tautomería
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & \\ -\text{C}- & \text{C}- \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ -\text{C}= & \text{C}- \end{array}$	
Forma cetónica	Forma enólica

9.1.7. Polimería

Una sustancia es polímero de otra cuando, teniendo ambas la misma composición centesimal, **la masa molecular de una es múltiplo entero de la de la otra**, la de menor masa molecular recibe el nombre de **monómero**.

Ejemplo	Polimería
Benceno: C₆H₆	Acetileno: C₂H₂

9.1.8. Reacciones orgánicas

✚ **Reacción química.** Cambio químico o fenómeno químico, es todo proceso termodinámico en el cual una o más sustancias (llamadas reactivos o "reactivos"), se transforman, cambiando su estructura molecular y sus enlaces, en otras sustancias llamadas productos. Los reactivos pueden ser elementos o compuestos.

✚ **Ecuaciones químicas.** Representación simbólica de las reacciones.

Reacción. Transformación de unas moléculas en otras por acción de especies químicas o agentes físicos (temperatura, calor, ...).

Reacción orgánica. Modificación de la molécula base (sustrato de reacción) por la acción de la especie atacante (reactivo).

Los compuestos orgánicos tienen **carácter covalente**, por ello, **no presentan reacciones iónicas**. Los enlaces covalentes son fuertes, los compuestos tienen energías de activación altas y las velocidades de reacción entre ellos son lentas. Se consiguen velocidades más altas con catalizadores y con la elevación de la temperatura. Los compuestos orgánicos tienen riesgo de inestabilidad térmica y posibilidad de combustión que conducen a la descomposición del compuesto.

9.1.8.1. Efectos electrónicos en las moléculas orgánicas

En las reacciones orgánicas se produce la **ruptura** y la **nueva formación de enlaces covalentes**, acompañadas de una nueva distribución de los electrones que intervienen en los enlaces.

Los efectos electrónicos pueden ser de dos tipos:

1. **Efectos estáticos** o de **polarización**.

2. **Efectos dinámicos** o de **polarizabilidad**.

Los efectos de polarización tienen su interés en la naturaleza del compuesto, en el que los átomos que lo integran provocan desplazamientos electrónicos permanentes en los enlaces, que adquieren así una cierta polaridad. Pueden ser:

1. **Inductivo.** Si afecta a un **enlace simple**.

2. **Mesómero.** Si se trata de un **enlace múltiple**, o de pares de electrones no compartidos.

1. Efecto inductivo

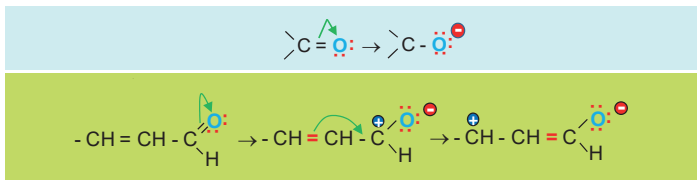
Es el desplazamiento permanente del **par de electrones de un enlace sencillo hacia el átomo más electronegativo** de los dos que intervienen en el enlace.

La electronegatividad del hidrógeno se toma como valor cero, no tiene tendencia a captar electrones.

Este efecto se **produce en los enlaces "σ"** entre carbonos.

2. Efecto mesómero

Recibe el nombre de **efecto mesómero, conjugativo o de resonancia**, el desplazamiento permanente de las nubes electrónicas de los enlaces "**π**" hacia uno de los dos átomos enlazados, pudiendo describirse la polarización del enlace múltiple mediante un híbrido de resonancia entre distintas estructuras mesómeras o resonantes.



9.1.8.2. Mecanismos de las reacciones orgánicas

Mecanismo de reacción. Conjunto de las fases o estados que constituyen una reacción química.

Cualquier reacción orgánica puede transcurrir por dos tipos de rupturas (**mecanismos**):

1.	Homolítica (igual carga)	Ruptura en el enlace covalente originándose dos radicales con electrones desapareados y <i>gran reactividad</i> .
2.	Heterolítica (distinta carga)	Uno de los átomos conserva el par de electrones de enlace, se producen dos iones, son muy reactivos.

En los dos casos, tanto los radicales como los iones, son de vida muy breve y originan productos de reacción.

Ejemplo	Mecanismos
Homolítica.....	$\text{H-CH}_3 \rightarrow \text{H}\cdot + \cdot\text{CH}_3$ (radical)
Heterolítica.....	$\text{H-CH}_3 \rightarrow \begin{cases} \text{H}^+ + :\text{CH}_3^- \text{ (carbanión)} \\ \text{H}^- + \text{CH}_3^+ \text{ (ion carbonio o carbocatión)} \end{cases}$

9.1.8.3. Tipos de reactivos

1. **Radicales.** Poseen un número impar de electrones, generalmente proceden de la ruptura homolítica de moléculas orgánicas. En general, *son extremadamente inestables* y, por tanto, con gran poder reactivo y *de vida media muy corta*.

Radical (antes radical libre). Es una especie química (orgánica o inorgánica), caracterizada por poseer uno o más electrones desapareados.

Tipos de radicales		
Primarios	Secundarios	Terciarios
$\text{R}-\underset{\text{H}}{\overset{\cdot}{\text{C}}}-\text{H}$	$\text{R}-\underset{\text{R}'}{\overset{\cdot}{\text{C}}}-\text{H}$	$\text{R}-\underset{\text{R}'}{\overset{\cdot}{\text{C}}}-\text{R}''$

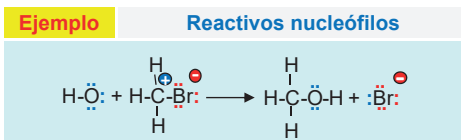
2. **Carbocationes** (iones carbonios o reactivos electrófilos). Átomos de carbono cargados positivamente. Se caracterizan por presentar deficiencia electrónica, tienen *tendencia a captar electrones*, ácidos de Lewis.

Tipos de iones carbonio		
Primarios	Secundarios	Terciarios
$\text{R}-\underset{\text{H}}{\overset{+}{\text{C}}}-\text{H}$	$\text{R}-\underset{\text{R}}{\overset{+}{\text{C}}}-\text{H}$	$\text{R}-\underset{\text{R}'}{\overset{+}{\text{C}}}-\text{R}''$

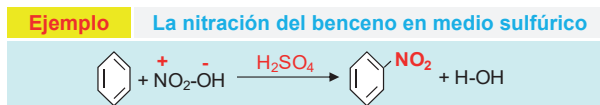
3. **Carbaniones.** Sustancias con un par de electrones no compartidos, situado en un orbital molecular exterior y con carga negativa. Proviene de rupturas heterolíticas.

Primarios	Secundarios	Terciarios
$\text{O}=\text{C}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{C}^{\ominus}:\text{H}$	$\text{O}=\text{C}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{R}}{\text{C}}}-\text{C}^{\ominus}:\text{H}$	$\text{O}=\text{C}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{R}}{\text{C}}}-\text{C}^{\ominus}:\text{R}'$
Tipos de carbaniones		

4. **Reactivos nucleófilos.** Son especies que reaccionan cediendo un par de electrones libres a otra especie (el electrófilo), combinándose y enlazándose covalentemente con ella. Pueden ser aniones o moléculas neutras con pares de electrones libres. Son bases de Lewis.



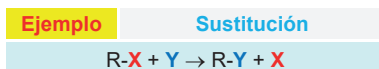
5. **Reactivos electrofílicos.** Son reactivos químicos atraídos hacia zonas ricas en electrones. Participan en reacciones químicas aceptando pares de electrones formando enlaces con nucleófilos. Son ácidos de Lewis. La mayoría de los electrofílos están cargados positivamente, tienen un átomo que lleva una carga positiva parcial.



9.1.8.4. Tipos de reacciones orgánicas

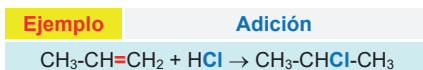
La mayor parte de las reacciones orgánicas se pueden clasificar en siete grupos. Los principales son:

1. **Reacciones de sustitución o desplazamiento.** El átomo o grupo atómico "X" unido a un carbono es sustituido por otro átomo o grupo diferente "Y":

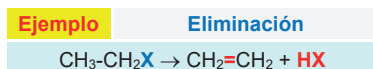


Clasificación de las reacciones de sustitución	
1. Radicalarias.....	$CH_3-CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3-CH_2Cl + HCl$
2. Nucleofílicas....	$CH_3Cl + OH^- \rightarrow CH_3OH + Cl^-$
3. Electrofílicas....	

2. **Adición.** Al romperse un enlace múltiple entre dos átomos, éstos se unen a otros átomos o grupos atómicos, con la formación de enlaces más sencillos (adición de una molécula al enlace múltiple de otra). Son reacciones *inversas a las de eliminación*.



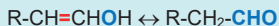
3. **Eliminación.** Pueden considerarse como *opuestas a las reacciones de adición*, en ellas se produce la separación de dos átomos o grupos atómicos de una molécula, sin que, al mismo tiempo, tenga lugar la incorporación de otras sustancias químicas.



4. **Condensación.** Se elimina intermolecularmente una molécula pequeña, casi siempre agua, entre dos o más moléculas mayores.

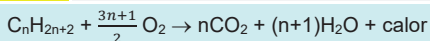
Ejemplo**Condensación**

5. **Transposición.** Se producen como consecuencia de una reorganización de átomos dentro de la molécula dando lugar a otra nueva estructura, con la misma composición centesimal y fórmula empírica, pero de propiedades diferentes.

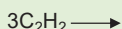
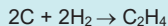
Ejemplo**Transposición**

6. **Combustión.** Es una oxidación de una sustancia en atmósfera de oxígeno o de aire. Es una oxidación violenta que con frecuencia produce luz y calor.

En la combustión de compuestos orgánicos *al estar formados por carbono e hidrógeno se produce siempre agua y dióxido de carbono u óxido de carbono. Pueden producir otros compuestos dependiendo del reaccionante.*

Ejemplo**Combustión**

7. **Síntesis.** Es la obtención de sustancias. Se obtiene un compuesto a partir de sus elementos o de otros compuestos.

Ejemplo**Síntesis**

9.2. Funciones orgánicas. Reacciones y nomenclatura

9.2.1. Hidrocarburos

Constituidos exclusivamente por carbono e hidrógeno. Se pueden clasificar según el tipo de hibridación del carbono (sp^3 , sp^2 , sp).

Clasificación de los hidrocarburos			
Clase	Nombre del grupo		Hibridación
1. Alifáticos	a. Alcanos	- Lineales - Cíclicos	sp^3
	b. Alquenos	- Lineales - Cíclicos	sp^2
	c. Alquinos		sp
2. Aromáticos....			sp^2

9.2.1.1. Hidrocarburos alifáticos

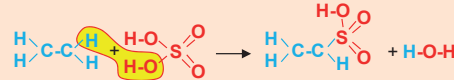
Pueden ser de cadena abierta (*lineales o acíclicos*) o cerrada (*cíclicos*).

9.2.1.1.1. Lineales o acíclicos

9.2.1.1.1.a. Saturados. Alcanos o parafinas

Contienen el máximo de hidrógeno posible, entre sus átomos de carbono *sólo existen enlaces sencillos*. Responden a la fórmula general: C_nH_{2n+2} .

Son *poco reactivos* por ello se *denominan parafinas* (poca afinidad). *En condiciones energéticas reaccionan produciéndose ruptura de la cadena. En los casos de no producirse ruptura dan reacciones de sustitución.*

Hidrocarburos alifáticos	1. SATURADOS	REACCIONES
1. De ruptura		
a. Combustión	$C_nH_{2n+2} + (3n+1)/2O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O + \text{calor}$	
Para iniciar la reacción, es necesario aportar energía (llama, chispa...) para superar la energía de activación. Los productos de la reacción son dióxido de carbono y agua.		
b. Pirólisis	$C_nH_{2n+2} + \text{Calor} \rightarrow$ Se rompe la molécula	
También denominada cracking, es la ruptura de las moléculas de un compuesto en otras más pequeñas por acción del calor y de catalizadores. En el caso de los hidrocarburos se realiza en ausencia de aire para evitar la combustión. El cracking de los hidrocarburos superiores suele producir mezcla de alcanos y alquenos. Es una reacción muy importante en la producción de gasolina.		
2. Reacciones de sustitución. Hidrocarburos saturados		
a. Halogenación	$CH_3-CH_3 + Cl_2 + \text{luz U.V.} \rightarrow CH_3-CH_2Cl + HCl$	
		
Se forman derivados halogenados y el ácido hidrácido correspondiente.		
b. Nitración	$CH_3-CH_3 + HNO_3 \rightarrow CH_3-CH_2NO_2 + H-O-H$	
Se forman derivados nitrogenados y agua.		
c. Sulfonación	$CH_3-CH_3 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3-CH_2SO_3H + H_2O$	
Se sustituye un hidrógeno por un grupo -SO ₃ H y se desprende agua		
		

Hidrocarburos alifáticos	1. SATURADOS	NOMENCLATURA
---------------------------------	---------------------	---------------------

1. Sin ramificaciones o de cadenas lineales

Los átomos de carbono pueden escribirse en una sola línea. Se nombran:

nº de C	Fórmula	Nombre	nº de C	Fórmula	Nombre
1	CH ₄	metano	3	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	propano
2	CH ₃ -CH ₃	etano	4	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	butano

Los nombres de los términos siguientes de la serie se forman con el **prefijo numeral griego**, que indica el número de átomos de carbono, y la terminación **"ano"**.

Pen- (5), hex- (6), hept- (7), oct- (8), non- (9), dec- (10), undec- (11), dodec- (12), tride- (13), tetradec- (14), pentadec- (15), hexadec- (16), heptadec- (17), octadec- (18), nonadec- (19), eicos- (20), eneicos- (21), dodecos- (22), tricos- (23),..., triacont- (30), etc.

2. Con ramificaciones

Formados por cadenas lineales enlazadas.

Para nombrarlos:

- Se establece como **cadena principal** la más larga del compuesto. *Si dos cadenas tienen la misma longitud se toma como principal la más ramificada.*
- Se numera por el extremo más próximo a las ramificaciones, de forma que los localizadores, números, sean lo más bajo posible. *Si por ambos lados hay sustituyentes a igual distancia de los extremos, se tienen en cuenta el resto de sustituyentes del alcano.*
- Los sustituyentes** se nombran de acuerdo con el hidrocarburo de idéntico número de carbonos, **se cambia la terminación "ano"** por **"il"**, **cuando está unido a la cadena**, o **"ilo"**, **cuando está aislado**. Si estos, a su vez, tienen ramificaciones:
 - Los radicales se empiezan a numerar por el carbono que ha perdido el hidrógeno y se nombran como sustituyentes.

⚡ **Radicales.** Grupos de átomos que se obtienen por pérdida de un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo.

Ej.: Hidrocarburo : CH₃-CH₂-CH₃, **propano**. Radical: CH₃-CH₂-CH₂-, **propil** o **propilo**.

- El nombre del alcano comienza especificando los sustituyentes.** Los sustituyentes se **nombran por orden alfabético y precedidos de sus respectivos localizadores**.
- Cuando hay varios sustituyentes idénticos**, se agrupan indicando con un prefijo multiplicativo el número de ellos ("di", "tri", "tetra",...) pero numerados según su posición. Estos prefijos no se tienen en cuenta para la ordenación alfabética.
- Para terminar, **se indica el nombre de la cadena principal**.

Ejemplos

2-etil-4-metil-pentilo	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2\text{-CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-} \end{array} $
4-etil-2,6 dimetilheptano ...	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \end{array}$

c. Radicales importantes

$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH-} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{-C-} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-} \end{array} $
Isopropilo	Isobutilo	Isopentilo	Terbutilo	Secbutilo
Vinilo: CH ₂ =CH-				