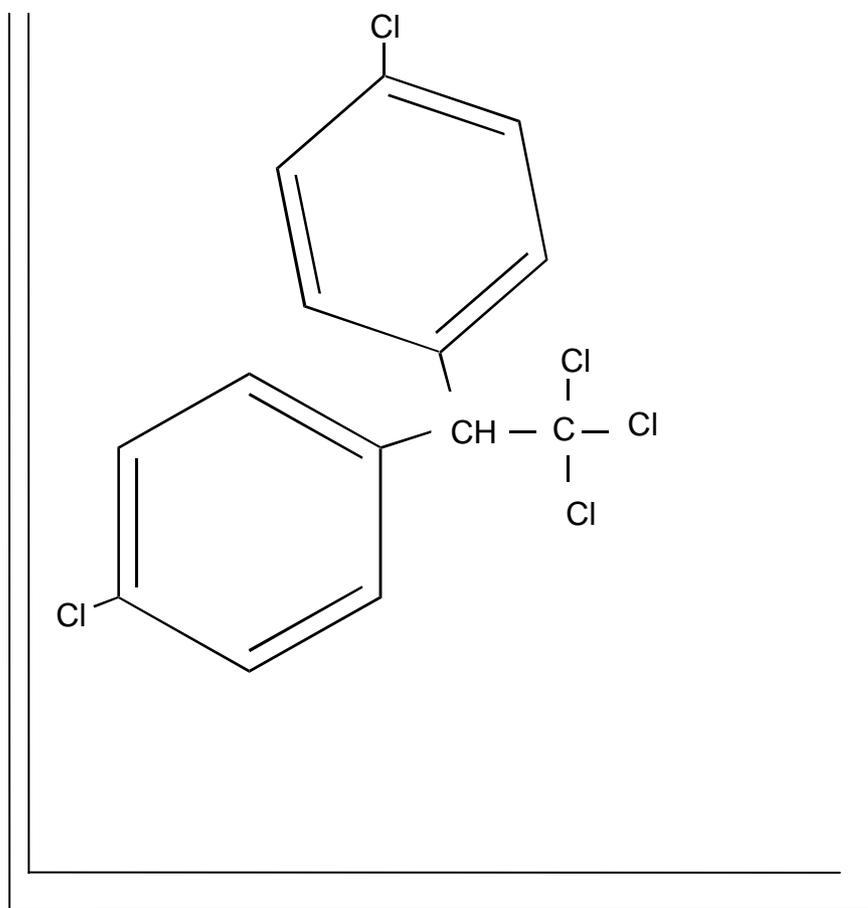


UNIVERSIDAD DE TARAPACA

NOMENCLATURA DE COMPUESTOS ORGANICOS

ESTRUCTURAS CONFORMACIONALES
ESTEREOISOMERIA



SERGIO O. BOGGIONI CASANOVA

INDICE

1.- Capítulo 1 Alcanos.

1.1 .-	Estructura del metano	1
1.2 .-	Estructura del etano	1
1.3 .-	Uso de prefijos	2
1.4 .-	Fórmula desarrollada	2
1.5 .-	Fórmula General	2
1.6 .-	Grupos alquilo	3
1.7 .-	Isómeros estructurales	4
1.8 .-	Reglas de nomenclatura I.U.P.A.C.	5
1.9 .-	Ejercicios	6
1.10 .-	Cicloalcanos	9
1.11 .-	Ejercicios de cicloalcanos	10

2.- Capítulo II Alcenos.

2.1.-	Reglas Generales	12
2.2.-	Fórmula General	13
2.3.-	Grupos alquenos	13
2.4.-	Alcenos ramificados	14
2.5.-	Alcadienos	14
2.6.-	Clasificación de alcenos	15
2.7.-	Cicloalcenos	16
2.8.-	Ejercicios	17

3.- Capítulo III Alcinos.

3.1.-	Fórmula General	20
3.2.-	Clasificación de alcinos	20
3.3.-	Alcinos ramificados	21
3.4.-	Alquenos	21
3.5.-	Ejercicios	22

4.- Capítulo IV Alcoholes.

4.1.-	Fórmula General	23
4.2.-	Nomenclatura	23
4.3.-	Derivados de alcoholes	25
4.4.-	Alcoholes con dos grupos funcionales	25
4.5.-	Alquenos	26
4.6.-	Ejercicios	26

5.- Capítulo V Halogenuros.

5.1.- Fórmula general	29
5.2.- Nomenclatura	29
5.3.- Grupo metileno	30
5.4.- Terminación ilideno	30
5.5.- Clorhidrinas	30
5.6.- Ejercicios	30

6.- Capítulo VI Eteres.

6.1.- Fórmula General	34
6.2.- Nomenclatura	34
6.3.- Epóxidos	35
6.4.- Ejercicios	35

7.- Capítulo VII Acidos Carboxílicos.

7.1.- Fórmula General	37
7.2.- Nombres comunes	37
7.3.- Nomenclatura de Ginebra	39
7.4.- Acidos insaturados	39
7.5.- Acidos dicarboxílicos	40
7.6.- Lista de ácidos más comunes	41
7.7.- Ejercicios	43

8.- Capítulo VIII Derivados de ácidos.

8.1.- Halogenuros de ácidos	45
8.2.- Fórmula General	45
8.3.- Fórmula general de anhídridos	46
8.4.- Estudio de la estructura de un anhídrido	46
8.5.- Fórmula General de ésteres	47
8.6.- Análisis del acetato de metilo	47
8.7.- Fórmula General de una amida	48
8.9.- Amidas N-sustituídas	49
8.10.- Ejercicios	49

9.- Capítulo IX Aldehidos y Cetonas.

9.1.- Fórmula General de aldehidos y cetonas	52
9.2.- Nomenclatura	53
9.3.- Ejemplo desarrollado	53
9.4.- Nombres comunes de aldehidos y cetonas	54
9.5.- Ejercicios	55

10.- Capítulo X Aminas.

10.1.- Clasificación de aminas	57
10.2.- Aminas primarias, secundarias y terciarias	57
10.3.- Análisis del 2-hidroxi-1-metilpropilamina	58
10.4.- Ejercicios	59

11.- Capítulo XI Nitrilos o cianuros.

11.1.- Fórmula General	60
11.2.- Nomenclatura	60
11.3.- Cianuros insaturados	60
11.4.- Ejercicios	61

12.- Capítulo XII Compuestos Aromáticos.

12.1.- Benceno	62
12.2.- Estructura de Kekulé	62
12.3.- Grupo fenilo	63
12.4.- Benceno sustituido	63
12.5.- Prefijos orto, meta y para	63
12.6.- Cresoles	64
12.7.- Xilenos	64
12.8.- Alfa derivados	65
12.9.- Grupo bencilo	65
12.10.- Derivados de ácido bencenosulfónico	66
12.11.- Ejercicios	67

13.- Capítulo XIII Estructuras conformacionales.

13.1.- Conformaciones	70
13.2.- Estructuras del etano	70
13.3.- Energía de rotación del etano	71
13.4.- Propano y butano	71
13.5.- Estructuras del butano	72
13.6.- Perfil de energía del butano	73

14.- Capítulo XIV Estereoquímica . Estereoisomería.

14.1.- Carbono tetraédrico	74
14.2.- Quiralidad	75
14.3.- Centro quiral	75
14.4.- Enantiómeros	76
14.5.- Mezcla racémica	76

14.6.- Actividad óptica	76
14.7.- Especificaciones de la configuración R y S	77
14.8.- Reglas secuenciales	78
14.9.- Diastereómeros	79
14.10.- Estructura meso	80
14.11.- Isómeros Geométricos	81

15.- Capítulo XV Hidrocarburos alicíclicos

15.1.- Ciclobutano, ciclopentano	84
15.2.- Análisis del ciclopropano	85
15.3.- Tensión angular	85
15.4.- Factores que afectan a la estabilidad de las conformaciones	86
15.5.- Tensión torsional	86
15.6.- Análisis del ciclohexano	87
15.7.- Estructuras conformacionales silla y bote del ciclohexano	87
15.8.- Relaciones de energía potencial entre las conformaciones del ciclohexano	88
15.9.- Enlaces ecuatoriales y axiales en el ciclohexano	89
15.10.- Estereoisomería de compuestos cíclicos	90
15.11.- Estructuras conformacionales del ciclohexano con dos sustituyentes	92

16.- Hojas de respuestas.

16.1.- Capítulo I	94
16.2.- Capítulo II	95
16.3.- Capítulo III	96
16.4.- Capítulo IV	97
16.5.- Capítulo V	98
16.6.- Capítulo VI	99
16.7.- Capítulo VII	99
16.8.- Capítulo VIII	100
16.9.- Capítulo IX	101
16.10.- Capítulo X	102
16.11.- Capítulo XI	102
16.12.- Capítulo XII	103

PROLOGO

La química orgánica es una materia que se entiende con facilidad y entusiasmo a los lectores pues lo que se aprende tiene relación con el diario vivir. Su aprendizaje requiere gran concentración para comprender las generalizaciones teóricas, recordar reglas y diferenciar pequeños, pero importantes detalles. Para facilitar su aprendizaje se necesita efectuar numerosos ejercicios y analizar los errores cometidos durante su resolución. El estudiante que sigue el método de leer y verificar lo aprendido, resolviendo los ejercicios, adquiere el verdadero dominio de la materia. Con este fin se ha escrito este libro.

Los estudiantes que no han tenido contacto anterior con la química orgánica, pero desea aprenderla, se le proporcionan datos de gran interés que le permitirán internalizar los contenidos con mayor facilidad.

El inicio del estudio, de la química orgánica, requiere obligadamente conocer la nomenclatura de los diferentes compuestos, pues es la base para comprender ésta y otras disciplinas afines. En los primeros doce capítulos se entregan las reglas de nomenclatura oficial, aceptadas por la I.U.P.A.C., de todas las funciones químicas; además se presentan también los nombres comunes, tan usados para algunos compuestos.

Las materias están ordenadas de tal forma de no producir una sobrecarga excesiva al estudiante, sino que lo estimula y mantiene ocupado durante los primeros capítulos antes de llegar a los temas con alguna complejidad de los capítulos finales.

En la primera parte, se presentan ejercicios resueltos que aplican y aclaran las reglas que facilitan el aprendizaje de la nomenclatura. Para reforzar lo aprendido cada capítulo esta complementado con una lista de ejercicios, cuyos resultados para algunos de ellos aparecen en la hoja de respuestas.

Los últimos capítulos, introducen al estudiante con la estereoquímica, los estereoisómeros y con las estructuras conformacionales de los compuestos alifáticos y alicíclicos.

En el transcurso del estudio, el lector encontrará interesante cada capítulo en los cuales usará las relaciones de estructura y reglas generales, lo que finalmente le permitirá nombrar y analizar estructuras de los compuestos orgánicos.

Agradezco de antemano a los profesores y estudiantes que usen este libro, sus críticas y sugerencias para mejorarlo.

El autor

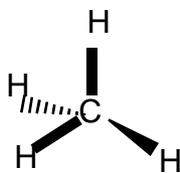
CAPITULO I

ALCANOS

El aprendizaje de la nomenclatura y el comportamiento de los compuestos químicos orgánicos se simplifica grandemente cuando los compuestos se dividen en clases. La clasificación se basa en el tipo de enlace que hay entre los átomos.

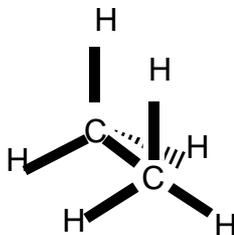
Los alcanos o hidrocarburos parafínicos son quizás los compuestos más sencillos, no tienen grupo funcional, ya que están formados por átomos de carbono e hidrógeno unidos entre sí por enlaces sencillos. La palabra ALCANO no solo indica el tipo de átomos, sino también el tipo de enlace sencillo entre los pares de átomos.

En los compuestos orgánicos estables, la valencia del átomo de carbono es cuatro y la valencia del hidrógeno es uno. El más simple de los alcanos contiene un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno y puede representarse por la fórmula estructural.



Metano

Un alcano que contenga dos átomos de carbono se representa por la fórmula:



Etano

Observe que ambas fórmulas presentan cuatro enlaces para cada átomo de carbono y un enlace para cada hidrógeno.

Las fórmulas de los compuestos orgánicos pueden escribirse en forma desarrollada o estructural y en forma abreviada o condensada. Esta última forma se utiliza con mayor frecuencia.

Para denominar los compuestos usaremos RAICES que indican el número de átomos de carbono presentes.

En la tabla siguiente se muestra una lista de prefijos

Nº de Carbono	Raíz	Nº de carbono	Raíz
1	Met	12	Dodec
2	Et	13	Tridec
3	Prop	20	Eicos
4	But	30	Triacont
5	Pent	40	Tetracont
6	Hex	50	Pentacont
7	Hept	60	Hexacont
8	Oct	70	Heptacont
9	Non	80	Octacont
10	Dec	90	Nonacont
11	Undec	100	Hect

La terminación característica de los alcanos es **ANO** . Combinando la raíz con la terminación característica obtendremos los nombres para estos hidrocarburos.

Nombre	Fórmula desarrollada	Fórmula abreviada
Metano	CH ₄	CH ₄
Etano	CH ₃ -CH ₃	C ₂ H ₆
Propano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	C ₃ H ₈
Butano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	C ₄ H ₁₀

Analicemos la fórmula abreviada de los cuatro compuestos. Contemos los átomos de carbono y los átomos de hidrógeno para cada uno de ellos.

Para el etano, propano y butano, sus fórmulas nos indican que la cantidad de átomos de hidrógeno es el doble del número de átomos de carbono más dos. Por lo tanto podemos deducir que la fórmula general de los alcanos es :



Con esta fórmula podemos escribir la fórmula condensada o abreviada de cualquier alcano. por ejemplo, si desea escribir la fórmula del Pentano, debe recordar que son 5 átomos de carbono C_5 y como la fórmula general lo indica deben ser 12 átomos de hidrógeno; C_5H_{12} .

Las raíces que indican la fórmula condensada en los compuestos orgánicos son en su mayoría de origen griego o latino. Por ejemplo : Pent indica 5 ; Hex indica 6; Hept indica 7; Oct indica 8 y así sucesivamente.

Todos los alcanos que hemos visto son de cadena recta y se denominan alcanos normales.

No todos los alcanos tienen fórmula desarrollada en forma lineal, sino que presentan ramificaciones. A estos hidrocarburos se les denomina alcanos ramificados.

Para darle nombre a este tipo de compuestos, debemos conocer que son los **grupos alquílicos** y como se forman.

Cuando los alcanos reaccionan perdiendo un hidrógeno se forma el grupo alquilo inestable, el cual se puede escribir también en forma desarrollada o abreviada.

En el caso del metano CH_4 y del etano CH_3-CH_3 existe un solo grupo alquilo para cada compuesto.

<u>Nombre</u>	<u>Fórmula desarrollada</u>	<u>Fórmula abreviada</u>
Metilo	CH_3-	CH_3-
Etilo	CH_3-CH_2-	C_2H_5-

La terminación de los grupos alquilos es **Ilo** o **Il**. Se utilizan las mismas raíces de los alcanos, pero cambiando la terminación Ano por Ilo o Il.

Para el caso del propano existen 2 grupos alquilo



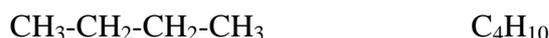
En el caso del propil, el carbono que pierde un hidrógeno es un carbono terminal y en el caso del isopropil es un carbono interno.

Clasificaremos a los átomos de carbono en primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios, según el número de otros átomos de carbono unidos a él. El propano tiene 2 átomos de carbonos primarios y un carbono secundario, el interno.

Observando los grupos alquilo del propano nos damos cuenta que en el propilo el carbón que pierde un hidrógeno es un carbón primario y en el isopropil, un carbón secundario.

Según la nomenclatura I.U.P.A.C., Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, se emplea el número 1 para señalar el carbono que pierde el hidrógeno.

En el caso del butano pueden escribirse dos estructuras:



Los dos compuestos obedecen a la misma fórmula abreviada o condensada.

Todos los compuestos que tienen la misma fórmula condensada,
pero distinta fórmula desarrollada se denominan
ISOMEROS ESTRUCTURALES

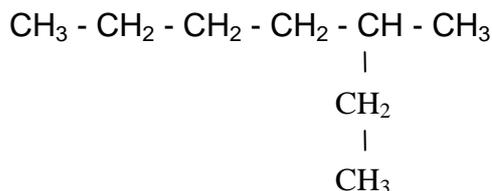
Los grupos alquilo que se derivan de los butanos aparecen en la siguiente tabla:

Del butano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$	butilo
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	secbutilo 1-metilpropilo
Del isobutano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isobutilo 2-metilpropilo
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	tercbutilo 1.1-dimetiletilo

REGLAS DE NOMENCLATURA I.U.P.A.C

Los nombres comunes resultan excesivamente complejos cuando las estructuras orgánicas contienen más de 5 átomos de carbono.

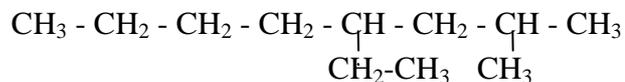
Cuando nos encontramos frente a un compuesto con un número grande de átomos de carbono y que tenga fórmula desarrollada no lineal, como por ejemplo :



Debemos seguir las siguientes reglas para darle nombre.

- 1.- Los alcanos complejos se denominan usando la cadena continua más larga de átomos de carbono como base para el nombre.
- 2.- Todos los grupos ligados a la cadena de átomos de carbono se denominan como sustituyentes.
- 3.- Se numera la cadena principal dando a cada carbono que lleva el o los sustituyentes el número más bajo. Cuando exista ambigüedad, de preferencia por orden alfabético, ejemplo bromo antes de cloro o por tamaño metilo antes de etilo. Los números deben ir separados por una coma y de las porciones literales por guiones.
4. En compuestos que contienen grupos funcionales, se da el número más bajo a la función primaria. Usualmente se elige la cadena más larga que contenga el máximo número de grupos funcionales o sustituyentes.
- 5.- Siempre que dos o más grupos sustituyentes en una fórmula sean iguales, los prefijos **di** para dos, **tri** para tres etc., se añaden al nombre del grupo sustituyente para indicar los múltiplos correctos. Por ejemplo, dos grupos metilos sustituyentes no se designan por metilo-metilo, sino por dimetilo.
- 6.- Los nombres de los sustituyentes preceden al de la cadena principal como modificaciones que conforman un nombre sustitutivo de una sola palabra.
7. Las cadenas laterales complejas se nombran indicando el punto de unión a la cadena principal, dando a ese carbono el número 1 de la cadena lateral lo que se expresa entre paréntesis. Si revisamos el ejercicio planteado, el nombre correcto es :**3-metilheptano**

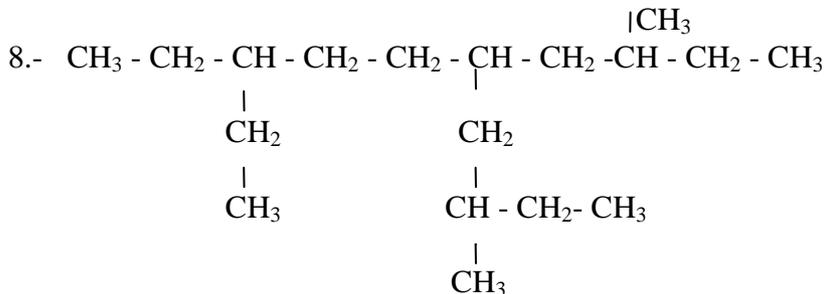
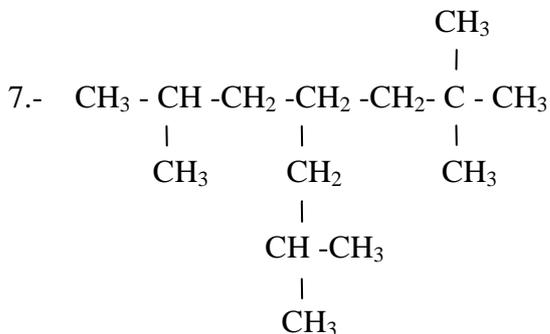
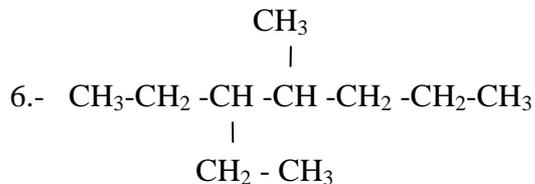
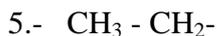
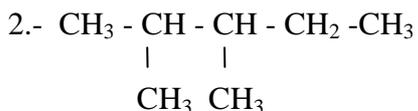
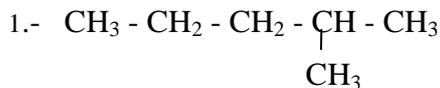
Veamos otro ejemplo; aplique paso a paso las reglas y no tendrá problemas en nombrarlo:

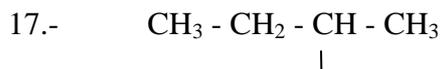
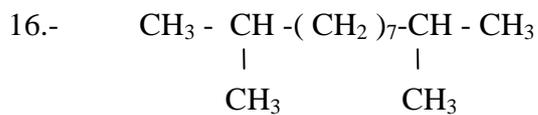
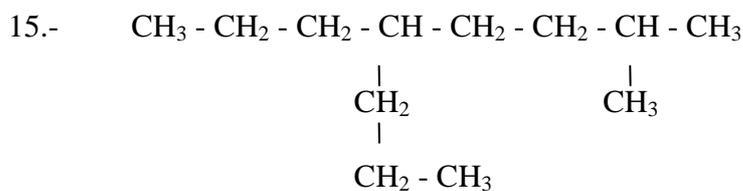
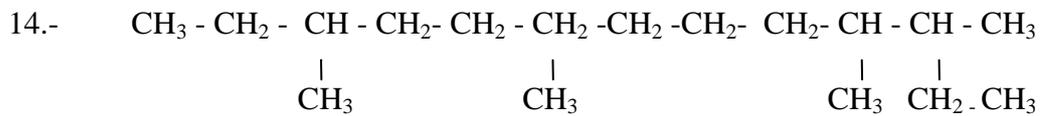
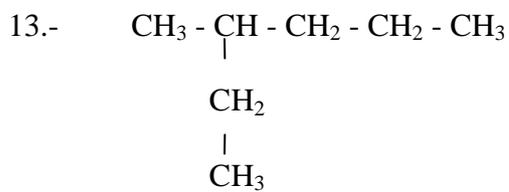
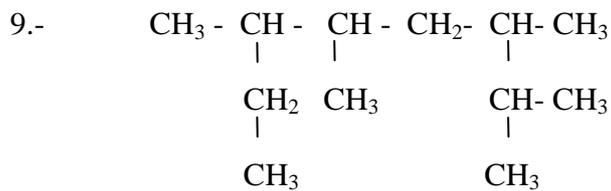


La cadena principal tiene 8 átomos de carbono. En el carbono 2 tiene grupo **metilo** y en el carbono 4 un grupo **etilo**. El nombre de este compuesto es : **2-metil-4-etiloctano**. Si queremos nombrar **a los grupos** por abecedario el nombre sería **4-etil-2-metiloctano**

Realice los siguientes ejercicios y compare los nombres por Ud. dados con los que aparecen en la hoja de respuestas.

PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras.



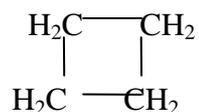


- 18.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 19.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 20.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 21.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 22.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \qquad \qquad \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 23.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 24.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 25.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

CICLOALCANOS

Estos hidrocarburos cíclicos, se denominan en forma similar a los hidrocarburos acíclicos alcanos. El prefijo **Ciclo** precede al nombre de los alcanos correspondiente.

Así la fórmula :



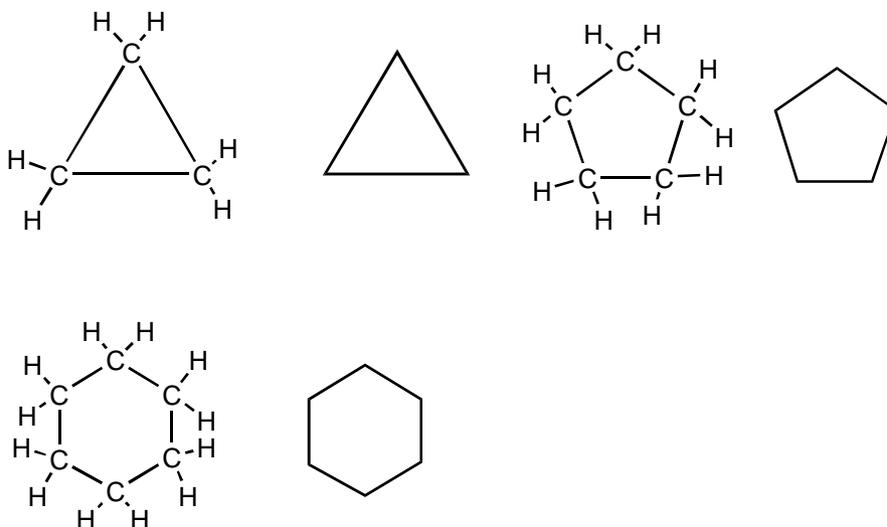
representa al hidrocarburo llamada Ciclobutano. Por conveniencia los ciclos alcanos se representan por figuras geométricas.

El ciclobutano se representa por :

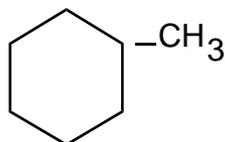


Esta figura representa un átomo de carbono en cada ángulo y tantos átomos de hidrógeno cuantos sean necesarios para completar la valencia 4 de cada carbono.

CICLOALCANOS REPRESENTATIVOS



Cuando un cicloalcano presenta un sustituyente se nombran igual que un alcano sustituido, así, el compuesto,

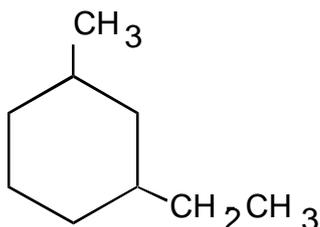


se denomina **metilciclohexano**

Todas las posiciones en un anillo cicloalcano son equivalentes y no es necesario usar el número 1 para señalar la posición de un solo sustituyente.

Sin embargo, si hay dos o más grupos sustituyentes, se deben usar números para indicar la posición de éstos. A uno de ellos se le asigna siempre la numeración 1 y se deben utilizar para los demás los números más pequeños posibles.

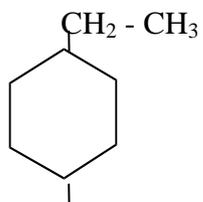
Por ejemplo para el compuesto



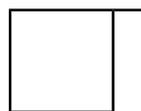
El nombre correcto es **3-etil- 1-metilciclohexano**.

PROBLEMAS . De nombre a las siguientes estructuras

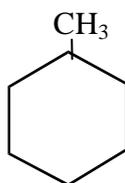
1.-



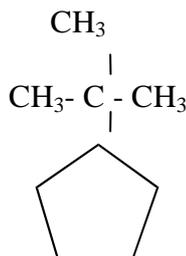
3.-



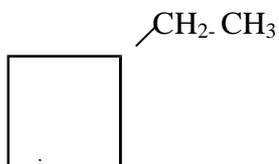
2.-



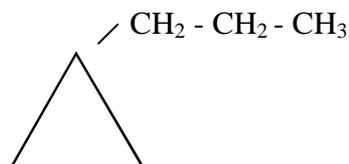
4.-



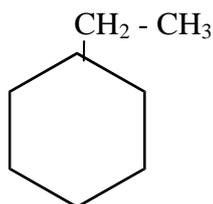
5.-



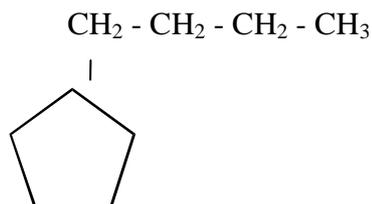
6.-



7.-



8.-



Escriba las estructuras de los siguientes compuestos

- 1.- hexano
- 2.- undecano
- 3.- eicosano
- 4.- isobutano
- 5.- propano
- 6.- ciclopentano
- 7.- metilciclopropano
- 8.- 2-metilpentano
- 9.- 4-isopropilnonano
- 10.- 2,4-dimetilpentano
- 11.- 2,2,5-trimetilhexano
- 12.- isopropilciclopentano
- 13.- 1,4-dimetilciclohexano
- 14.- 4,6-dietil- 3-metilnonano
- 15.- 2,3,6-trimetil-4-isopropilheptano
- 16.- 1,3-dietilciclobutano
- 17.- 3-isobutil- 1-metilciclohexano
- 18.- 2,4,5-trimetil-6-tercbutilnonano
- 19.- 2,2-dimetilbutano
- 20.- 6,11-dietil -3-metiltetradecano
- 21.- 4-tercbutilheptano
- 22.- 2,2,3-trimetilpentano
- 23.- 3-metil-2-ciclobutilhexano
- 24.- 6-etil -2,4,8-trimetilnonano
- 25.- 2,4-dimetilhexano
- 26.- 4-etil-8-propilundecano
- 27.- 2-butil -1-metilciclohexano

CAPITULO II

ALQUENOS

Los alquenos contienen átomos de carbono unidos entre sí por enlaces dobles. La terminación **ANO** de los alcanos se reemplaza por **ENO**. Las reglas utilizadas para denominar los alcanos se aplican también para los alquenos con tres restricciones importantes.

1.- La cadena escogida como base del nombre, debe contener el grupo funcional, es decir, los dos átomos de carbono unidos con el doble enlace.

2.- Dicha cadena se numera dando el número más bajo al carbono que lleva el doble enlace.

3.- La cadena principal no necesariamente es la cadena de átomos de carbono continua más larga.

El número dado al grupo funcional precede a la raíz del nombre del alqueno.

El primer compuesto de la serie alcénica es el **eteno**. Se unió la raíz **Et** que indica dos átomos de carbono con **eno**, terminación de los alquenos.

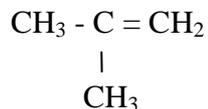


Para el caso del buteno podemos escribir las siguientes estructuras



buteno

2-buteno



2-metilpropeno

Todas estas estructuras tienen un doble enlace y 4 átomos de carbono. Si contamos la cantidad de átomos de hidrógeno, veremos que las tres fórmulas obedecen a C_4H_8 , por lo tanto son isómeros.

Si analizamos los alquenos escritos, podemos deducir que la cantidad de hidrógeno que posee cada compuesto, es el doble de la cantidad de átomos de carbono, por consiguiente, la fórmula general para estos compuestos es :



Esta expresión nos permite escribir cualquier fórmula condensada de un alqueno.

GRUPOS ALQUENILOS

Igual que los alcanos, los alquenos pueden perder hidrógenos y formar grupos alqueniilos. A continuación se presentan algunos ejemplos.

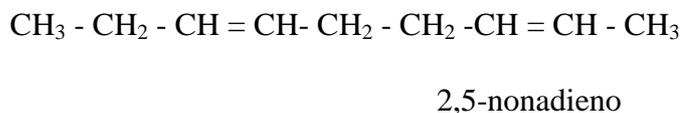
<u>Nombre</u>	<u>Fórmula desarrollada</u>	<u>Fórmula abreviada</u>
etenilo o vinilo	$CH_2 = CH -$	C_2H_3-
propenilo	$CH_3 - CH = CH -$	C_3H_5-
2-propen-1-ilo o alilo	$CH_2 = CH - CH_2-$	C_3H_5-

En el cuadro anterior, encontramos que los primeros compuestos obedecen a nombres comunes. El grupo propenilo conserva casi la totalidad del nombre del alqueno correspondiente y al igual que los grupos alquilos terminan en il o ilo.

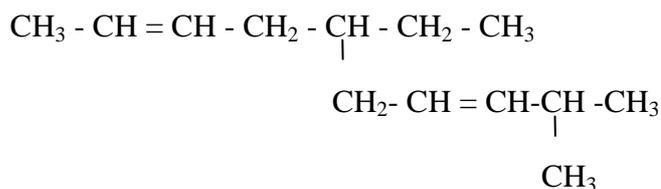
Siguiendo las reglas de la I.U.P.A.C., el grupo alilo se llama 2-propen-1-ilo, indicando con el número 2 la ubicación del doble enlace. Se da el número 1 al carbono que pierde el hidrógeno.

alquenos, se enumera la cadena dando los números más bajos a los carbonos que llevan los dos dobles enlaces. Estos números preceden al nombre.

Las siguientes estructuras representan a estos tipos de compuestos.



También los alcadienos pueden presentar ramificaciones.



Este último compuesto, a simple vista parece complicado. No es así. Enumere la cadena, encontrará 10 átomos de carbono. Los carbonos que llevan los dobles enlaces son el N° 2 y el N° 7 y los que llevan las ramificaciones son los números 5 y 9.

Para darle nombre, primero escribimos las ramificaciones indicando los números de los carbonos que las llevan; en seguida los números de los carbonos que llevan los dobles enlaces; terminando con el nombre de la cadena principal.

El nombre para este compuesto es : **9-metil-5-etil-2,7-decadieno**. Como puede darse cuenta estamos escribiendo las ramificaciones en orden creciente de complejidad. Si los escribimos por abecedario sería **5-etil-9-metil-2,7-decadieno**

Según la ubicación de los dos dobles enlaces, los DIENOS se clasifican en:

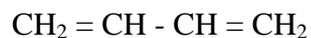
Dienos acumulados

Dienos conjugados

Dienos aislados

Los dienos Acumulados poseen los dos dobles enlaces en carbono vecinos. Los dienos conjugados poseen los dos dobles enlaces separados por un enlace sencillo y aquellos en que la separación es mayor, corresponde a un dieno aislado.

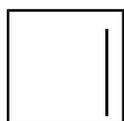
Ejemplos de dienos.



CICLOALQUENOS.

Los alquenos cíclicos, se denominan cicloalquenos y en ellos el carbón que lleva el doble enlace recibe siempre el número 1.

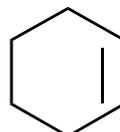
Se nombran igual que los alquenos anteponiendo la palabra ciclo. Igual que en el caso de los ciclanos, podemos representar a los ciclos por figuras geométricas.



ciclobuteno

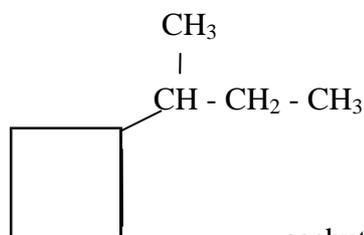


ciclopenteno



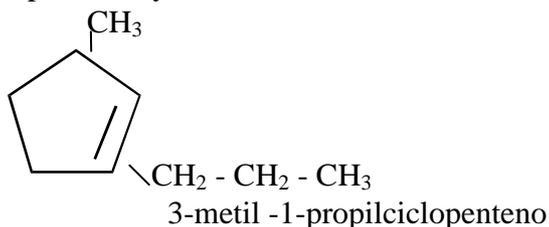
ciclohexeno

También pueden presentar sustituyentes

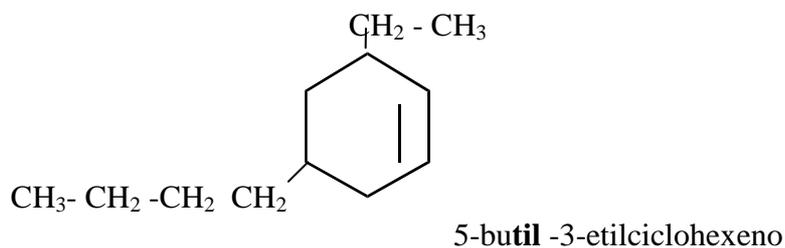


secbutilciclobuteno

En los cicloalquenos disustituídos, la numeración de los carbonos unidos por el doble enlace es 1,2. La numeración correcta será aquella que presente el número más bajo en la primera posición de un grupo sustituyente.

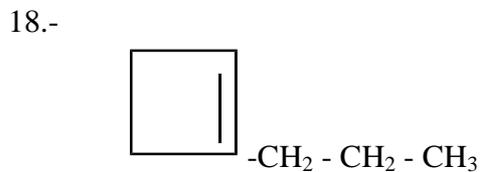
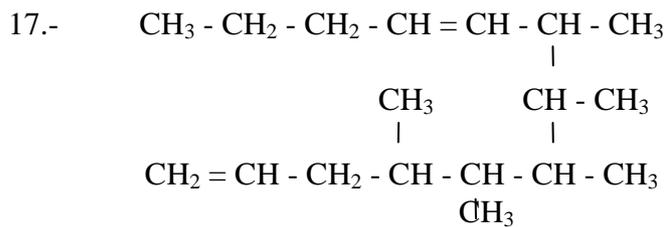
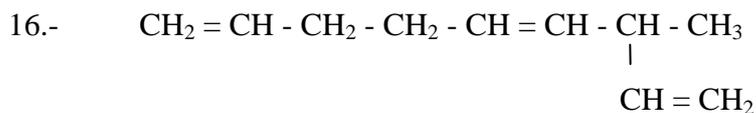
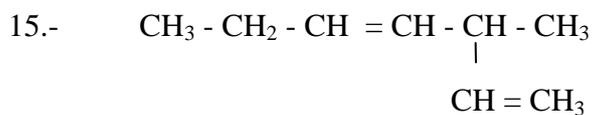
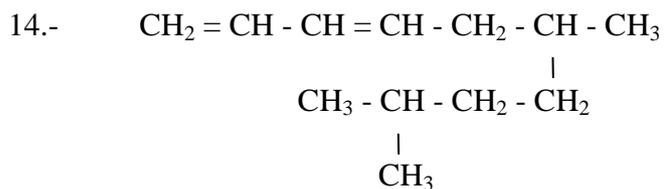
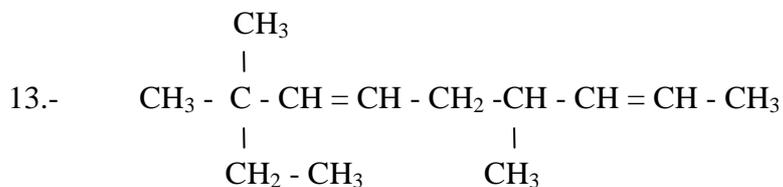
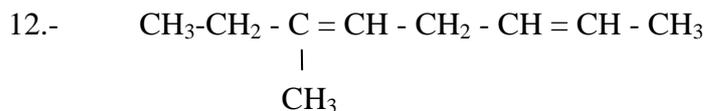
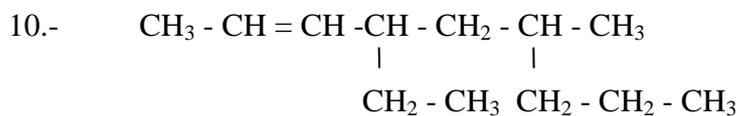


3-metil -1-propilciclopenteno

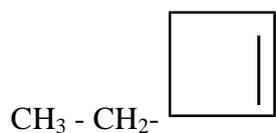


PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras

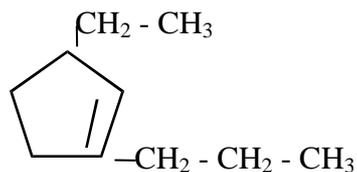
- 1.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 2.-
$$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$$
- 3.-
$$\text{C}_3\text{H}_6$$
- 4.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 5.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad | \\ \text{CH}_2 \qquad \qquad \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 6.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 7.-
$$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} -$$
- 8.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 9.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$



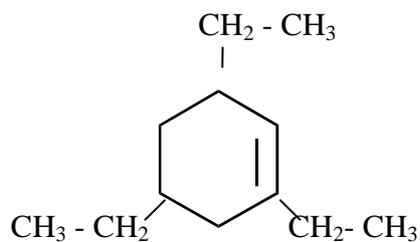
19.-



20.-



21.-



Escriba las estructuras de los siguientes compuestos

- 1.- Propeno
- 2.- buteno
- 3.- ciclohexeno
- 4.- 2-buteno
- 5.- 1,3-butadieno
- 6.- 2-metil-1,3-butadieno
- 7.- propenilo
- 8.- alilo
- 9.- vinilo
- 10.- 3-metil-4-octeno
- 11.- 1,4-heptadieno
- 12.- 2-metil-2-penteno
- 13.- 3-metil-2,5-heptadieno
- 14.- 4,5-dimetil-1,4-octadieno
- 15.- 6-metil-2,6-nonadieno
- 16.- 2,6-dimetil-3-isopropil-1,6-decadieno
- 17.- 9-etil-2-metil-6-dodeceno
- 18.- 4-etil-2,4,6,7-tetrametil-2,5-octadieno
- 19.- isobutilciclobuteno
- 20.- ciclopenteno
- 21.- 5-tercbutil-1,4,6-octatrieno

CAPITULO III

ALCINOS

Los alcinos son compuestos que contienen un triple enlace entre dos átomos de carbono, situados en cualquier parte de la molécula.

Obedecen a la fórmula general

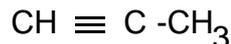


Junto a la nomenclatura I.U.P.A.C., se usa también el sistema de nombre derivado.

Los primeros compuestos de esta serie son el **etino** y el **propino**. Puede darse cuenta que se nombra de manera similar a los alkenos, cambiando la terminación **Eno** por **Ino**.



etino
acetileno



propino
metilacetileno

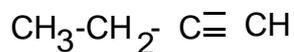
Los demás términos de la serie conservan las mismas raíces de los alcanos terminados en INO. Ejemplos: butino, pentino, hexino, heptino, etc.

Otra forma de nombrarlos es utilizando el sistema de nombre derivado.

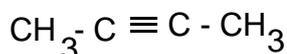
El etino se llama también **acetileno** y los demás compuestos de la serie se consideran derivados de él. Al propino se le denomina metilacetileno. Al butino se le llama etilacetileno.

CLASIFICACION DE LOS ALCINOS

Los alcinos se clasifican en alcinos terminales y en alcinos internos. Dependerá de la ubicación del triple enlace.



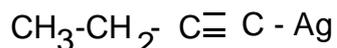
butino



2-butino

En estos ejemplos, podemos ver que en el butino el triple enlace está en el primer carbono y en el 2-butino está en el carbono interno. A pesar de que los dos compuestos obedecen a la fórmula C_4H_6 algunas propiedades químicas son diferentes.

Los alcinos terminales pueden formar compuestos con algunos metales, ejemplo:

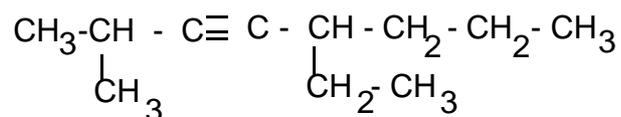


Para darle nombre a estos compuestos ocupamos la nomenclatura derivada del acetileno cambiando el nombre por acetiluro. El compuesto se llama **etilacetiluro de plata**.

ALCINOS RAMIFICADOS.

Para nombrar los alcinos ramificados, debemos recordar las reglas enunciadas para los alcanos y alkenos. En la numeración se da preferencia al carbono que lleva el triple enlace.

Ejemplo:

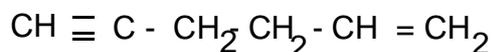


El nombre para este compuesto es : **5-etil- 2-metil-3-octino**

ALQUENINOS

Se denominan alqueninios a los compuestos que poseen dos carbonos unidos por un doble enlace y dos carbonos unidos con un triple enlace.

La cadena base se enumera dando los números más bajo a las posiciones en que se hallan los enlaces dobles y triples. Sin embargo, al doble enlace debe dársele de preferencia el número más bajo, cuando al enumerar los carbonos ese mismo número puede corresponder al triple enlace. De todos modos la terminación sigue siendo INO.



1-hexen-5-ino

Tal como lo indica el ejemplo anterior, el número que indica la posición del doble enlace precede a la raíz del nombre del compuesto y el número que indica la posición del triple enlace precede a la terminación ino de los alcinos.

PROBLEMAS. Escriba los siguientes compuestos.

- 1.- propino
- 2.- pentino
- 3.- 4-metilhexino
- 4.- 3-metilhexino
- 5.- 1-penten-4-ino
- 6.- 6-metil-2-octino
- 7.- 3-etil-1,5-heptadiino
- 8.- 5-isopropil-3-nonino
- 9.- 4,5-dimetil-2-hexino
- 10.- 3-etil-1-penten-4-ino
- 11.- nonino
- 12.- butino
- 13.- 2-butino
- 14.- hexino
- 15.- 2-hexino
- 16.- 2-metil-3-hexino
- 17.- 3,3,6-trimetil-4-octino
- 18.- 5,8-dietil- 8-metil-2,6-decadiino
- 19.- 1-hepten-6-ino
- 20.- 4-tercbutil-2-hexino
- 21.- acetiluro de plata
- 22.- metilacetiluro de cobre I

CAPITULO IV

ALCOHOLES



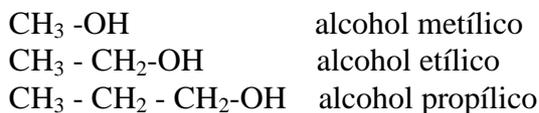
Los alcoholes son compuestos orgánicos en los cuales un grupo alquilo está unido a un grupo OH. Se puede representar por una fórmula general **R-OH**; R es un símbolo que indica un grupo alquilo inespecífico.

Los alcoholes se pueden denominar de tres maneras.

- a.- Usando los nombres de dos palabras que indica la clase de función. I.U.P.A.C.
- b.- Usando los nombres sustitativos de una palabra también aprobada por I.U.P.A.C.
- c.- Ocasionalmente usando nombres derivados, que constan de una sola palabra.

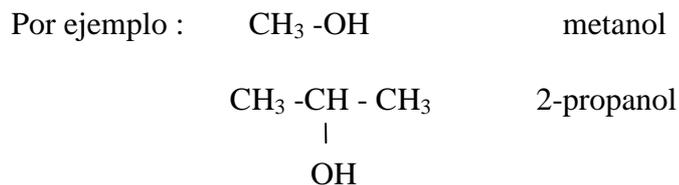
a.- Los nombres de los compuestos orgánicos que indican la clase de función constan, a menudo, de dos palabras. El término alcohol corresponde a una clase de función y no a un compuesto individual. Se especifica el nombre del grupo alquilo unido al OH y el nombre del compuesto se completa anteponiendo la palabra separada alcohol.

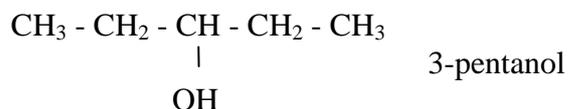
Por ejemplo :



La raíz del grupo alquilo que indica la cantidad de carbono se hace terminara en **ílico**.

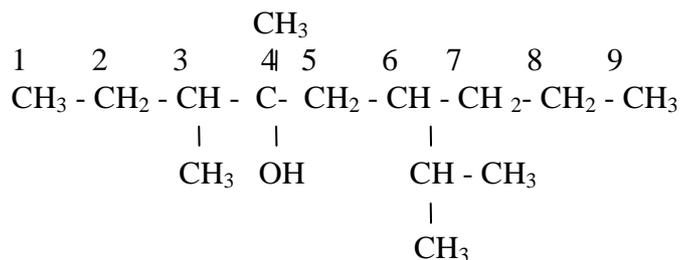
b.- Las reglas aprendidas para los alquenos, se aplican a los alcoholes. La cadena de carbono más larga y continua que contenga el grupo funcional OH sirve como cadena base para el nombre. El carbono que lleva el grupo funcional recibe el número más bajo posible. Se hace terminal el nombre en **OL** . Esta terminación se añade al nombre del alcano correspondiente a la cadena base.





Como se ve en el segundo y tercer ejemplo, la numeración del carbono que lleva el grupo funcional, precede al nombre del alcohol.

Una estructura compleja se puede denominar generalmente con mucha facilidad, siguiendo las reglas enumeradas en el Capítulo I.

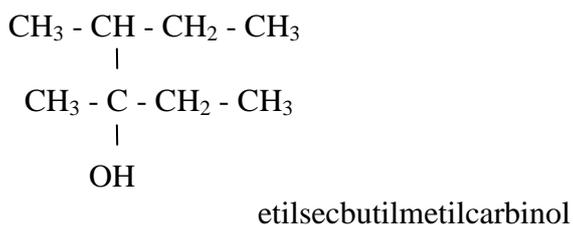
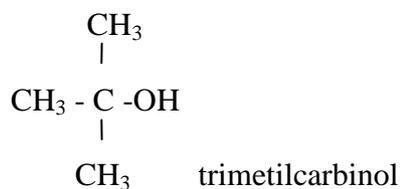


3,4-dimetil-6-isopropil-4-nonanol

c.- Los alcoholes se nombran ocasionalmente como derivados del carbinol, aunque estos nombres no forman parte del sistema I.U.P.A.C.

Se deben especificar los nombres de los grupos sustituyentes unidos al carbono que lleva el grupo funcional OH. El nombre derivado consta de una sola palabra.

Ejemplo:



Para escribir el nombre se da preferencia a los grupos alquilo por abecedario

DERIVADOS DE ALCOHOLES.

Los alcoholes reaccionan con metales formando derivados llamados alcóxidos.

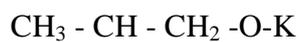


etóxido de sodio

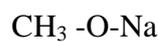


propóxido de sodio

Para nombrar a estos compuestos, se debe conservar la raíz de los alcoholes y terminarlo en óxido.



isobutóxido de potasio

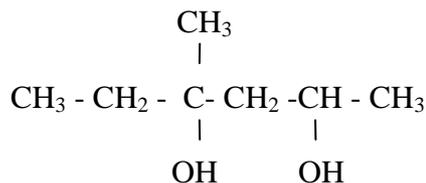


metóxido de sodio

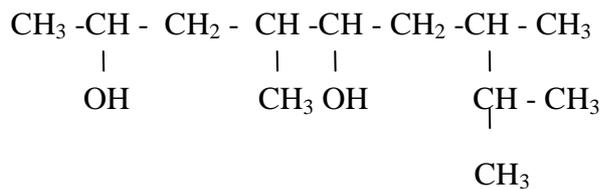
ALCOHOLES CON DOS O MAS GRUPOS FUNCIONALES

Algunos alcoholes contienen dos o más grupos funcionales. Los nombres de estos alcoholes deben incluir los números más bajos que indiquen la posición de cada OH en la cadena base y a la terminación OL anteponer los prefijos di, tri, tetra, etc. según sea la cantidad de OH que posea el compuesto.

Ejemplo:

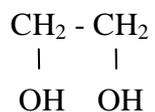


4-metil-2,4-hexanodiol

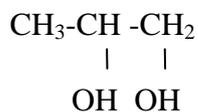


4,7,8-trimetil-2,5-nonanodiol

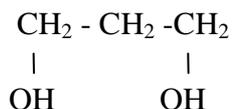
Los carbonos que contengan dos grupos OH unidos a carbonos diferentes se clasifican como GLICOLES. Para nombrarlos de esta forma se ocupa el nombre común de los grupos alquilo y se terminan en glicol.



etilenglicol
1,2-etanodiol



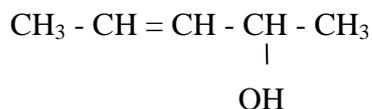
propilenglicol
o 1,2-propanodiol



trimetilenglicol
o 1,3-propanodiol

ALQUENOLES

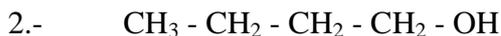
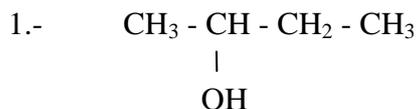
Los nombres según la I.U.P.A.C. para los alcoholes que poseen dobles enlaces le da preferencia al grupo funcional OH en la numeración de la cadena principal o base.

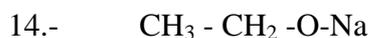
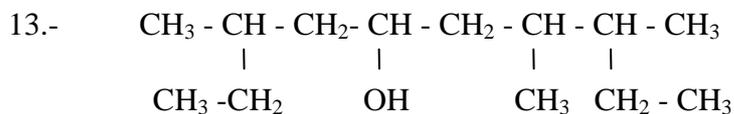
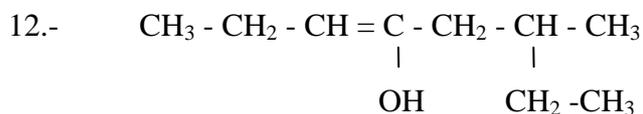


3-penten-2-ol

El ejemplo anterior nos muestra que el número que indica el doble enlace precede a la raíz del nombre del compuesto y el número que indica el grupo funcional, precede a la terminación **ol** de los alcoholes.

PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras.





Escriba las estructuras de los siguientes compuestos.

- 1.- 2-metilpentanol
- 2.- 2,4-hexanodiol
- 3.- tetrametilenglicol
- 4.- 3-metil-5-etil-2,5-heptanodiol
- 5.- 4-metil-2-octanol
- 6.- alcohol terbutílico
- 7.- alcohol isobutílico
- 8.- 4-hexen-3-ol
- 9.- 2-penten-1-ol
- 10.- 2,5,5-trimetil-3,4-heptanodiol
- 11.- secbutanol
- 12.- isopropanol
- 13.- propanotriol
- 14.- 2,4-dimetil-1,3,5-hexanotriol
- 15.- 2,8,10-trimetil-4,5-dietil-6-isopropil-5-undecanol
- 16.- 2-etil-3,5,6-trimetil-4-isopropil-4-octanol
- 17.- 2,4,5,7-tetrametil-6-nonen-4-ol
- 18.- propilenglicol
- 19.- etanol
- 20.- etilenglicol
- 21.- alcohol alílico
- 22.- 3,8-dietil-5,6-decanodiol
- 23.- 3-etil-6,8-dimetil-4-isopropil-4,7-undecanodiol
- 24.- isopropóxido de potasio
- 25.- etóxido de aluminio

CAPITULO V

HALOGENUROS



Los grupos alquilo pueden estar unidos a átomos diferentes, por ejemplo pueden estar unidos a un átomo de halógeno. Los compuestos así formados pueden denominarse de dos maneras. Ambas aceptadas por la I.U.P.A.C.

- a.- Usando los nombres que indican la clase de función
- b.- Usando los nombres sustitutivos

Para el compuesto $\text{CH}_3 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$, el nombre según la clase de función es **cloruro de isopropilo**.



Nombre de dos palabras que resulta de unir el nombre del halogenuro con el nombre del grupo alquilo por la preposición de.

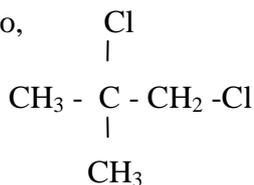
Para el mismo compuesto, el nombre sustitutivo es **2-cloropropano**.

Se enumera dando el número más bajo al carbono que lleva el sustituyente halógeno. Se indica el número del carbono que lleva el halógeno seguido por el nombre y se termina con el nombre del alcano según la cantidad total de átomos de carbono que posee.

También pueden presentar estos compuestos dos halógenos en carbonos diferentes. Usando la nominación que indica la clase de función, se une el nombre del halogenuro con el nombre del grupo alquilo terminado en **ileno**.

El nombre sustitutivo resulta de enumerar la cadena que contenga los dos halógenos, dándoles los números más bajos.

En el siguiente compuesto,



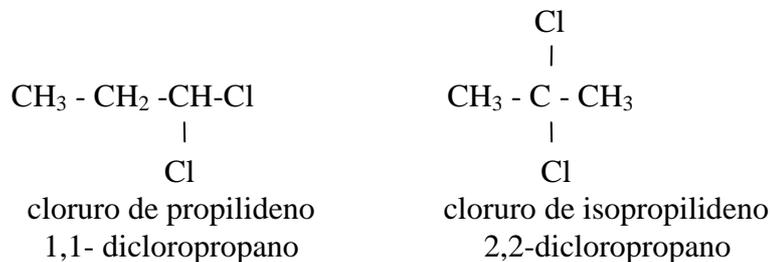
los nombres serían: Cloruro de isobutileno o 1,2-dicloro-2-metilpropano

Cuando el compuesto posee dos halógenos no vecinales hay que considerar lo siguiente para darle el nombre según la función.

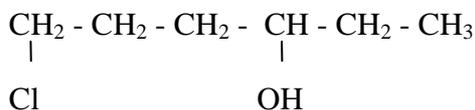
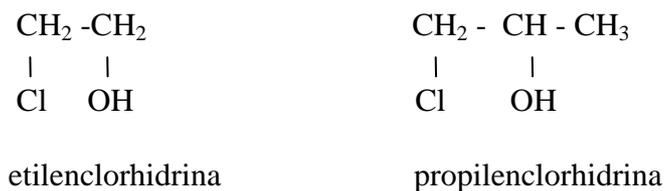
El grupo -CH₂- se denomina metileno. Los hidrocarburos que solo tienen varios grupos -CH₂- se pueden denominar combinando el prefijo multiplicador apropiado (tri, tetra, etc) con metileno.

Así el compuesto $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ | \qquad \qquad | \\ \text{Cl} \qquad \qquad \text{Cl} \end{array}$ se denomina cloruro de trimetileno o 1,3-dicloropropano.

Cuando los compuestos poseen dos halógenos en un mismo carbono, la terminación es **ilideno**.

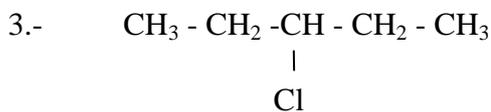
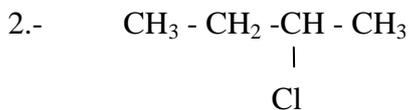


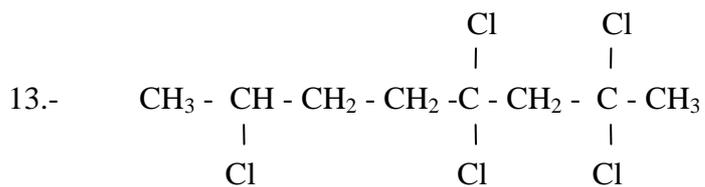
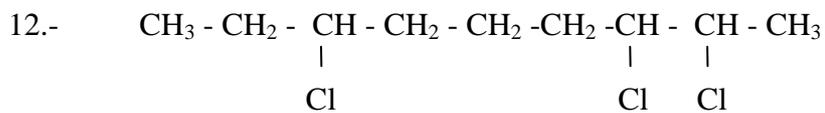
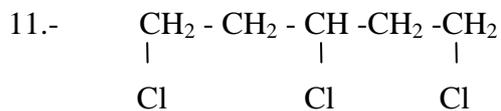
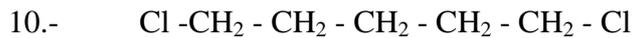
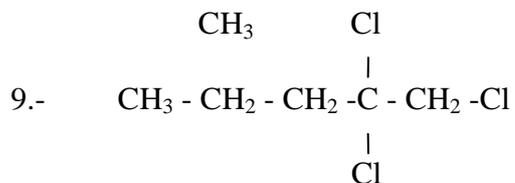
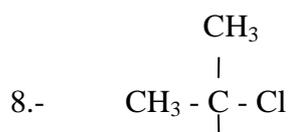
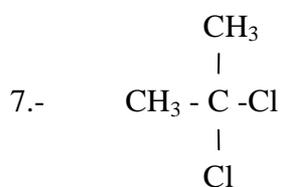
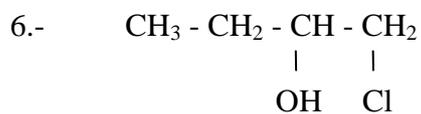
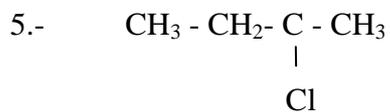
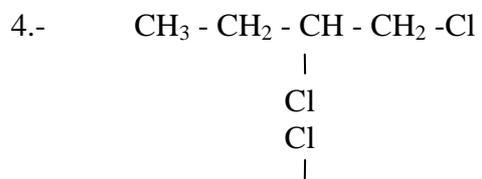
Hay compuestos que poseen en su estructura un átomo de halógeno (cloro) y un grupo OH en carbonos vecinos. Estos compuestos se clasifican según la función como **clorhidrinas**.

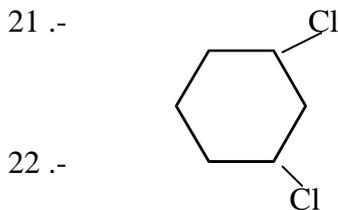
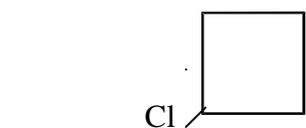
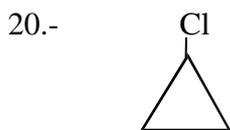
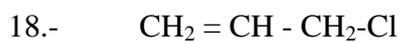
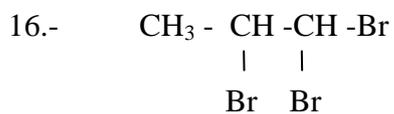
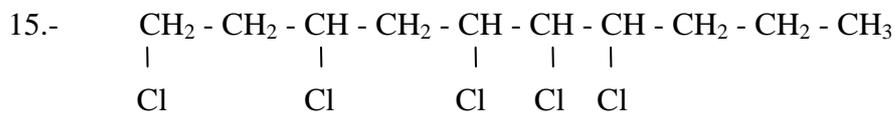
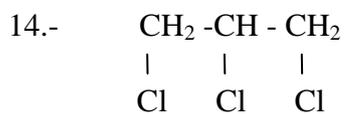


6-cloro-3-hexanol

PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras







Escriba las estructuras de los siguientes compuestos.

- 1.- cloruro de propilo
- 2.- cloruro de terbutilo
- 3.- bromuro de isopropilo
- 4.- cloruro de isobutileno
- 5.- cloruro de isopropilideno
- 6.- bromuro de secbutilideno
- 7.- cloruro de trimetileno

- 8.- 1,3-dicloropentano
- 9.- 2,3,3-triclorohexano
- 10.- cloruro de propileno
- 11.- 2,3,4,5-tetracloroheptano
- 12.- 1,2,3-tribromopentano
- 13.- bromuro de hexametileno
- 14.- 2,3-dimetil-1,5-dibromo-2,5-heptadieno
- 15.- 4-metil-2,2-dicloro-3-hexeno
- 16.- 1,5-dibromo- 2,3-dimetil -2,5-heptadieno
- 17.- 4-cloro-5-metilheptino
- 18.- cloruro de ciclopropilo
- 19.- bromuro de 2-metilciclobutilo
- 20.- 1,3-diclorociclopentano
- 21.- 1,2-diclorociclobutano

CAPITULO VI

ETERES.



Son compuestos que poseen dos grupos alquilo unidos por un átomo de oxígeno.



Existen dos sistemas para nombrar a los éteres orgánicos.

- a.- Usando los nombres que indican la función
- b.- Usando nombres sustitutivos

a.- A cada grupo alquilo unido al oxígeno se nombra por su nombre respectivo en forma separada y se completa con la palabra eter. Cuando los grupos alquilo son diferentes se debe nombrar al más simple en primer lugar.

Así el primer ejercicio se denomina **metiletiléter** o **éter metileílico**.

Si los dos grupos alquilo son iguales sólo se necesita especificar una vez el nombre del mismo.

Así el segundo ejercicio se llama **éter etílico**.

b.- Nombres sustitutivos. El grupo R-O, se denomina como sustituyente y se denomina añadiendo el sufijo **OXI** a la raíz del nombre del alquilo si éste contiene menos de 5 átomos de carbono, o al nombre completo del alquilo si éste es más complejo.

Por ejemplo el grupo sustituyente $\text{CH}_3\text{-O-}$ se denomina **metoxi** y el grupo $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O-}$ se denomina **3-metilpentoxi**.



Cuando el éter posee dos grupos alquilo diferentes el sufijo **oxi** va unido al grupo alquilo más simple.

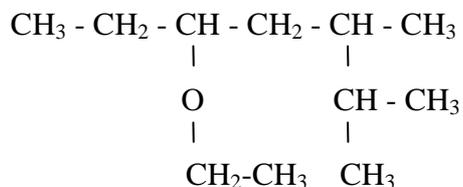


metoximetano



metoxietano

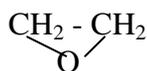
Si algún grupo alcóxido está formando parte de una cadena, debemos ocupar las reglas establecidas para los alcanos. Al enumerar los carbonos no se da preferencia particular al grupo sustituyente R-O-



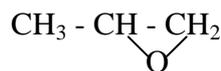
2,3-dimetil-5-etoxiheptano

EPOXIDOS

Si se halla un átomo de oxígeno unido a dos carbonos que forman parte de un anillo de tres el compuesto se denomina óxido de alquileo

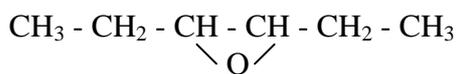


óxido de etileno



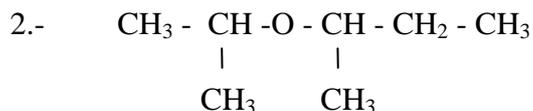
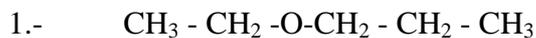
óxido de propileno

El grupo óxido se puede considerar como sustituyente con la denominación de epóxido. Como este grupo es divalente se debe indicar con dos números la posición del grupo epóxido en los nombres sustitutivos.



3,4-epoxihexano

PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras



- 3.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 4.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH} = \text{CH}_2$
- 5.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad / \\ \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$$
- 6.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad | \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$$
- 7.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \quad \quad \quad | \\ \text{O}-\text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$$
- 8.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \diagdown \quad / \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$$
- 9.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$
- 10.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad | \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$$
- 11.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad | \quad | \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$$

Escriba las estructuras de los siguientes compuestos

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1.- éter propílico | 7.- éter butilsecbutílico |
| 2.- metoxibutano | 8.- metoxiciclobutano |
| 3.- etoxipentano | 9.- isopropoxiciclohexano |
| 4.- 2,3-dimetil-6-metoxiheptano | 10.- éter metil vinílico |
| 5.- 2,3-epoxibutano | 11.- éter propenil-2,3-dimetilpentílico |
| 6.- 2,3-epoxipentano | 12.- 5,5,6-trimetil-2,3-epoxiheptano |

CAPITULO VII

ACIDOS CARBOXILICOS.

Los ácidos carboxílicos se representan por la fórmula general



Estos compuestos se pueden denominar de tres formas. Los ácidos que contienen menos de seis átomos de carbono preferentemente se denominan con nombres comunes. Los ácidos de estructura compleja se denominan con la nomenclatura de Ginebra y unos pocos reciben nombres derivados.

Nombre Comunes .

Los nombres comunes de los ácidos carboxílicos se forman añadiendo a la raíz la terminación **ICO** y ocasionalmente **OICO**. Este nombre va siempre precedido por la palabra ácido. Las raíces utilizadas en estos compuestos son de origen griego o latino, que en algunos casos indican la fuente natural de donde fueron aislados.

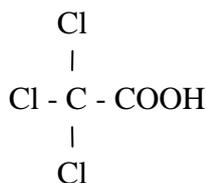
En la tabla siguiente se indican los nombres comunes para algunos ácidos carboxílicos.

Acido fórmico	H-COOH
Acido acético	CH ₃ -COOH
Acido propiónico	CH ₃ - CH ₂ - COOH
Acido butírico	CH ₃ - CH ₂ - CH ₂ - COOH
Acido isobutírico	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Acido valérico	CH ₃ - CH ₂ - CH ₂ - CH ₂ -COOH
Acido isovalérico	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Los ácidos pueden llevar sustituyentes, en el caso del ácido acético tiene solamente un carbono CH₃- disponible para unirse a grupos sustituyentes.

Así el $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ | \\ \text{Cl} \end{array}$ se denomina **ácido cloroacético**

El ácido tricloroacético tiene la fórmula:



No solamente los halógenos pueden ser sustituyentes de los ácidos carboxílicos, por ejemplo :

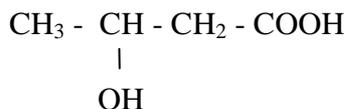


se denomina **ácido etoxiacético**.

Cuando el ácido posee más de dos átomos de carbono se utilizan números o letras griegas para indicar la posición de los sustituyentes. La letra Alfa corresponde al carbono adyacente al grupo funcional carboxilo, carbono que al numerar lleva el número 2. Beta corresponde al carbono número 3. Gama corresponde a la posición 4 y la letra Omega se emplea para indicar la posición del sustituyente en el carbono terminal, sin importar la cantidad de átomos de carbono que posea el ácido.

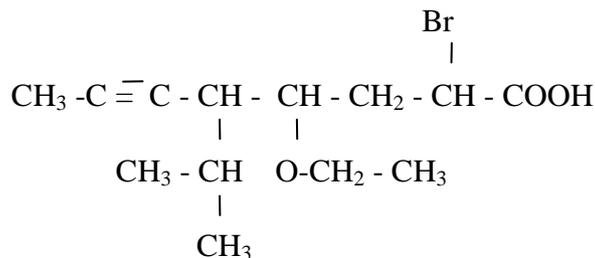
El compuesto $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ | \\ \text{Cl} \end{array}$ se denomina **ácido alfa cloropropiónico**.

Cuando el grupo OH se encuentra como sustituyente, se denomina **hidroxi**. El siguiente ácido sustituido,



se denomina **ácido beta-hidroxibutírico** o **ácido 3-hidroxibutírico**

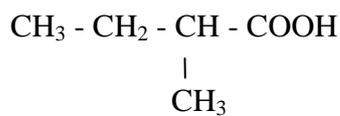
Para el compuesto:



la denominación es : **ácido 2-bromo-4-etoxi-5-isopropil-6-octinoico.**

Nombres Derivados.

Unos pocos ácidos carboxílicos se denominan como derivados del ácido acético.

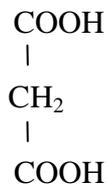


Aislemos mentalmente el ácido acético $-\text{CH} - \text{COOH}$ y nombremos a los sustituyentes, metil y etil. El nombre para este ácido de acuerdo al nombre derivado es: **ácido metiletilacético.**

ACIDOS DICARBOXILICOS.

Hay ácidos carboxílicos que poseen dos grupos funcionales en su estructura. Se utiliza el prefijo **Di** para indicar la cantidad de grupos carboxílicos. Como la terminación es **oico**, la terminación de los ácidos dicarboxílicos es **DIOICO.**

Ejemplos:

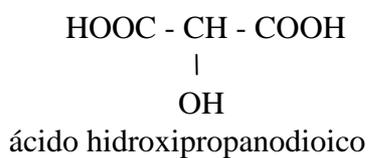


ácido etanodioico
ácido oxálico (común)

ácido propanodioico
ácido malónico (común)

Como puede darse cuenta, al nombre de los alcanos se le agrega la terminación dioico y se antepone la palabra ácido.

También pueden llevar sustituyentes,

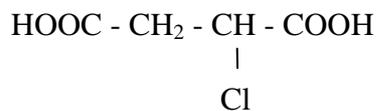


Lista de ácidos más conocidos.

Acético	$\text{CH}_3 - \text{COOH}$
Acrílico	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$
Adípico	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$
Aspártico	$\begin{array}{c} -\text{OOC} - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Butírico	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
Caproico	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Cítrico	$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$
Estearico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$
Fórmico	$\text{H} - \text{COOH}$
Fumárico	$\text{trans- HOOC} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$

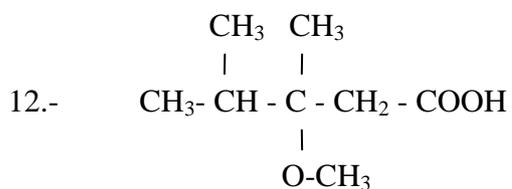
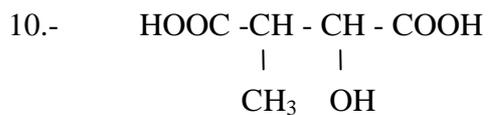
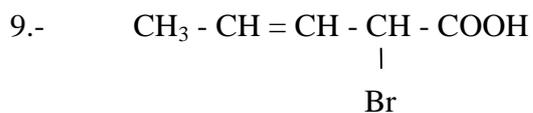
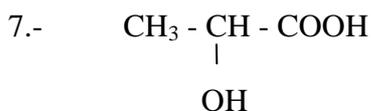
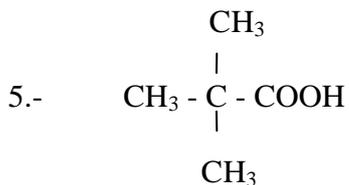
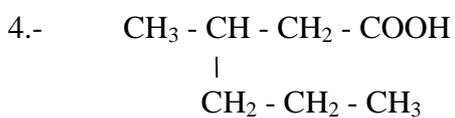
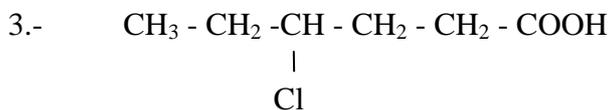
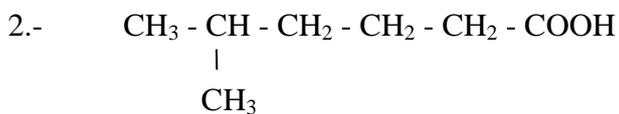
Glutárico	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_3 - \text{COOH}$
Láctico	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Laurico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$
Linoleico	Cis-cis-9,12-octadecadienoico
Linolénico	Cis,cis,cis-9,12,15-octadecatrienoico
Maleico	Cis- $\text{HOOC} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$
Málico	$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Mirístico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$
Oleico	Cis- 9-octadecenoico
oxálico	$\text{HOOC} - \text{COOH}$
Palmítico	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$
Succínico	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$
Valérico	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

En algunos ácidos dicarboxílicos no es necesario enumerar cuando el sustituyente queda en un carbono interno como única posición de sustitución, por ejemplo:



ácido cloro-butanodioico

PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras.



Escriba las estructuras de los siguientes compuestos.

- 1.- Acido acético
- 2.- ácido cloroacético
- 3.- ácido isobutírico
- 4.- ácido metoxiacético
- 5.- ácido beta clorobutírico
- 6.- ácido octanoico
- 7.- ácido 4-metilhexanoico
- 8.- ácido 3-heptenoico
- 9.- ácido 4-octinoico
- 10.- ácido 3-cloro-5-nonenoico
- 11.- ácido oxálico
- 12.- ácido 2-hidroxipentanodioico
- 13.- ácido 2-hidroxi -3-metilhexanodioico
- 14.- ácido dibromoacético
- 15.- ácido alfa hidroxibutírico
- 16.- ácido gama bromo valérico
- 17.- ácido oleico
- 18.- ácido succínico
- 19.- ácido 5-bromo-3,4,6,7-tetrametildecandioico
- 20.- ácido 3-etil- 4-metil-5-etoxihexanoico.

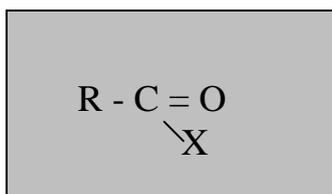
CAPITULO VIII

DERIVADOS DE ACIDOS CARBOXILICOS

HALOGENUROS DE ACIDOS O HALUROS DE ACILO

Son sustancias que resultan de sustituir el grupo hidroxilo OH del grupo carboxilo de un ácido por un átomo de halógeno.

La estructura que representa a estos compuestos es:

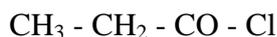


R- C = O grupo acilo;
 \X representa a un átomo de halógeno.

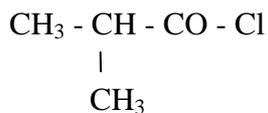
Los haluros de acilo tienen nombre de dos palabras. La terminación **ico** de los ácidos se cambia por **ilo**. La raíz del ácido se hace terminar en ilo y se hace precedir por la palabra haluro. A continuación se presentan algunos ejemplos:



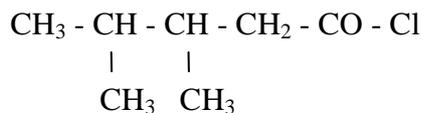
cloruro de acetilo



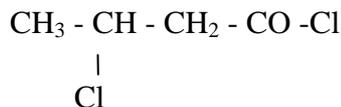
cloruro de propionilo



cloruro de 2-metilpropionilo



cloruro de 3,4-dimetilpentanoilo



cloruro de 3-clorobutirilo

ANHIDRIDOS DE ACIDOS CARBOXILICOS.

Son compuestos que resultan de la condensación de dos moléculas de ácidos monobásicos, por eliminación de una molécula de agua entre los dos grupos carboxilos.

Los anhídridos se denominan fácilmente conociendo el nombre del ácido carboxílico; la palabra ácido se reemplaza por anhídrido.

Se caracterizan por el agrupamiento,



Algunos ejemplos:



anhídrido acético



anhídrido propiónico

Los anhídridos anteriores, se consideran simples pues provienen de la condensación de dos moléculas de un mismo ácido, dando dos grupos acilo iguales.

También se conocen los anhídridos mixtos, los dos grupos acilo son diferentes. Para este caso se nombran los grupos acilo por separado, por orden de complejidad creciente, precedidos también por la palabra anhídrido.

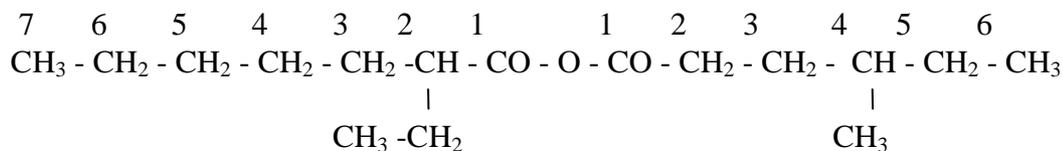


anhídrido fórmicopropiónico



anhídrido acéticobutírico

Cuando los anhídridos tienen sustituyentes, como por ejemplo



el nombre correspondiente de acuerdo a la numeración es : **anhídrido 4-metilhexanoico-2-etilheptanoico.**

ESTERES.

Todos los ésteres se pueden considerar formalmente derivados de la reacción de un ácido carboxílico con un alcohol o un fenol.

Los nombres de los ésteres se escriben en dos palabras, la primera deriva del ácido carboxílico correspondiente, cambiando la terminación **OICO** por el sufijo **ATO**, y la segunda palabra deriva del alcohol y se denomina según la cantidad de átomos de carbono, como grupo alquilo.

Se representan por la fórmula general:



Analicemos el siguiente ejemplo:



La parte A viene del ácido acético, por lo tanto, cambiando la terminación será acetato, se pierde la palabra ácido; la parte B, contamos la cantidad de átomos de carbono y la denominamos metilo. Unamos A y B **Acetato de metilo**.

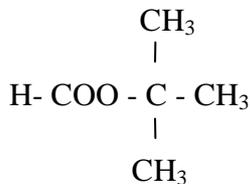
Ejemplos:



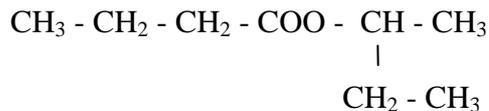
acetato de etilo



propionato de etilo



formiato de tercbutilo



butirato de secbutilo



propionato de isobutilo

AMIDAS.



Las amidas son compuestos que se consideran como productos derivados de los ácidos carboxílicos en los cuales el grupo hidroxilo ha sido reemplazado por el grupo $-\text{NH}_2$.

También pueden considerarse como derivados del amoníaco por sustitución parcial o total de los hidrógenos por un grupo acilo R-CO- .

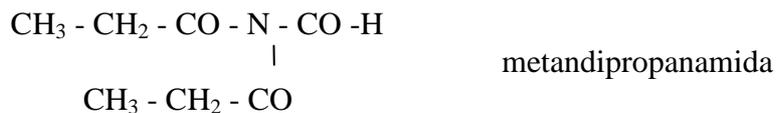
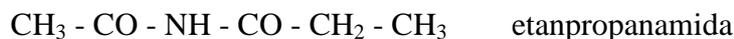
Las amidas pueden ser primarias, secundarias o terciarias, según sea el número de grupos acilo unidos al nitrógeno. Se clasifican también en simples si los grupos sustituyentes son iguales y mixtas si los grupos son diferentes.

Estos compuestos se nombran cambiando la terminación oico o ico del ácido por la palabra amida.

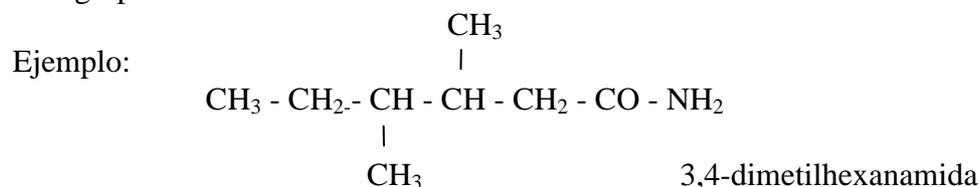


El grupo acilo unido al nitrógeno, proviene del ácido acético o etanoico, la nomenclatura nos dice que debemos cambiar la terminación oico o ico del ácido por amida, por lo tanto el nombre del compuesto será **acetamida** o **etanamida**.

Cuando existen dos grupos acilos unidos al nitrógeno, si son iguales se ocupa el prefijo **di** o **tri** como factor multiplicador, si son diferentes se nombra primero el grupo acilo más simple.



Si el grupo acilo es más complicado debemos enumerar dando el número 1 al carbono del grupo carbonilo.



- 4.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CO} - \text{Cl} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 5.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- 6.- $(\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO})_2\text{O}$
- 7.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- 8.-
$$\begin{array}{c} \text{H} - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 9.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \end{array}$$
- 10.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_3$
- 11.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \end{array}$$
- 12.- $\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- 13.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CO} - \text{NH} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 14.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CO} - \text{N} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} \quad \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$
- 15.-
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{N} - \text{CO} - \text{H} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 16.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Escriba las estructuras de los siguientes compuestos.

- 1.- cloruro de isobutirilo
- 2.- cloruro de butanoilo
- 3.- bromuro de 3-metilpentanoilo
- 4.- bromuro de acetilo
- 5.- anhídrido propiónico
- 6.- anhídrido acético
- 7.- anhídrido fórmico butírico
- 8.- anhídrido acético valérico
- 9.- anhídrido 3-metil valérico-4-etilhexanoico
- 10.- formiato de metilo
- 11.- acetato de secbutilo
- 12.- butirato de tercbutilo
- 13.- propionato de isopropilo
- 14.- propionato de 1-etilpentilo
- 15.- acetamida
- 16.- diacetanpropanamida
- 17.- dibutanamida
- 18.- N-etildiformanamida
- 19.- N-metildietanamida
- 20.- N,N-dimetilacetamida
- 21.- N-isopropilpropanbutanamida
- 22.- isobutirato de vinilo
- 23.- anhídrido hexanoico
- 24.- cloruro de formilo
- 25.- tripropanamida
- 26.- N-metil-N-etilpropanamida

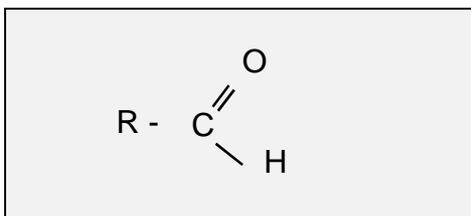
CAPITULO IX

ALDEHIDOS Y CETONAS

Los aldehidos se producen por oxidación de los alcoholes primarios; esta oxidación viene a ser una deshidrogenación.

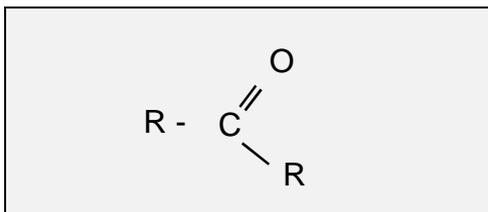
El nombre **aldehido** viene de la contracción de la palabra latina alcoholum dehydrogenatum.

El grupo funcional de los aldehidos es :



Posee un grupo carbonilo, el cual se encuentra unido a un hidrógeno y a un grupo hidrocarbonado. R - CHO.

En el caso de las cetonas, provienen de la oxidación de alcoholes secundarios. También poseen un grupo carbonilo, pero unido a dos grupos hidrocarbonados. Se representan por la fórmula general,



Los aldehidos y las cetonas pueden nombrarse de dos maneras.

a.- Se cambia la terminación **O** del hidrocarburo por **Al** en el caso de los aldehidos y por **ONA** en el caso de las cetonas.

La siguiente fórmula $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$ representa a un aldehido que posee tres átomos de carbono, diríamos que proviene del propano, cambiando la terminación, el nombre para este compuesto es **Propanal**.

En el caso de $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$ corresponde a la fórmula de una cetona que tiene tres átomos de carbono. Fijándose en la terminación se denomina **Propanona**.

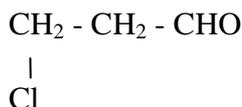
El grupo funcional aldehido va siempre en carbón terminal, carbón primario, lleva la numeración 1, la cual no se escribe.

En el caso de las cetonas, su grupo funcional va siempre en carbón secundario. En aquellas cetonas que llevan 5 o más átomos de carbono se debe enumerar la cadena indicando la posición del grupo funcional. En este caso se debe dar el número más bajo al grupo carbonilo.

Ejemplos:

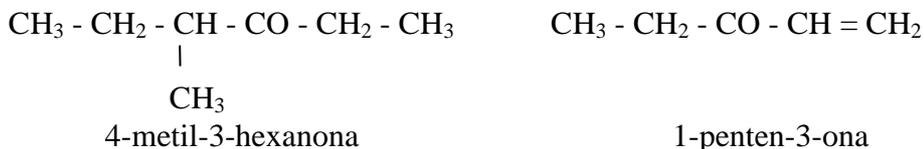
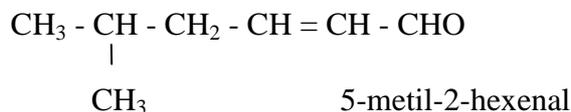


Como todos los compuestos orgánicos, también pueden presentar sustituyentes. El siguiente ejemplo :



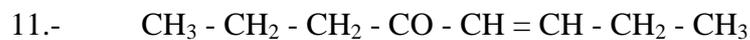
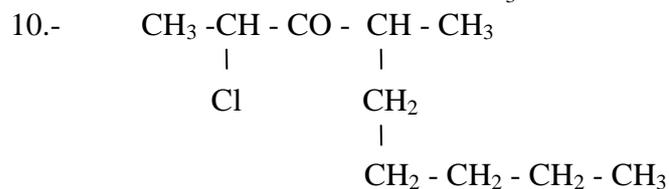
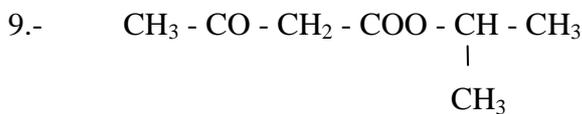
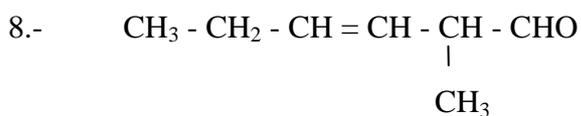
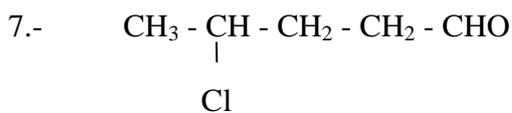
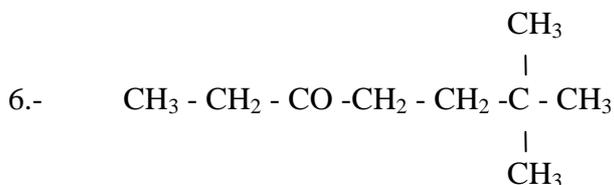
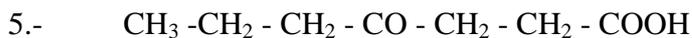
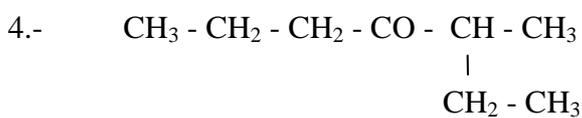
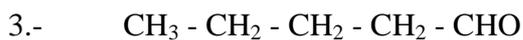
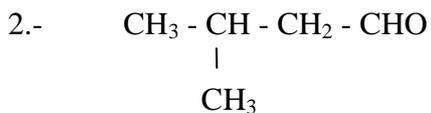
se denomina **3-cloropropanal**. El número 1 del grupo aldehido no se escribe.

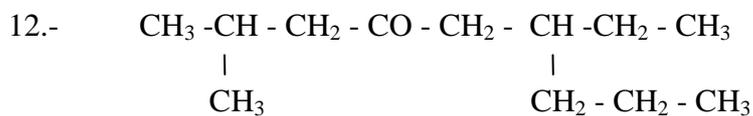
También estos compuestos pueden presentar insaturación



Los aldehidos y las cetonas pueden contener otros grupos funcionales que pueden usarse como base del nombre. En este caso el oxígeno del grupo carbonilo se indica con un número como cualquier sustituyente.

PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras.





Escriba las estructuras de los siguientes compuestos.

- 1.- butanal
- 2.- butanona
- 3.- 4-heptanona
- 4.- 4-cloropentanal
- 5.- 6-metil-3-heptenal
- 6.- 4-metil-3-hexanona
- 7.- ácido-5-oxoheptanoico
- 8.- acetaldehido
- 9.- aldehido propiónico
- 10.- beta-clorobutiraldehido
- 11.- dietilcetona
- 12.- metiltercbutilcetona
- 13.- ditercbutilcetona
- 14.- 2-cloro-4-metil-3-nonanona
- 15.- metilvinilcetona
- 16.- pentanaldehido
- 17.- ácido 3-oxopentanoico
- 18.- propenaldehido
- 19.- aldehido acrílico
- 20.- vinilpropenilcetona
- 21.- metilalilcetona
- 22.- 4-heptanona
- 23.- 2-hexanona
- 24.- etilciclopropilcetona
- 25.- 3-clorohexanaldehido
- 26.- etilpropilcetona
- 27.- 3-cloro-2-metilheptanal
- 28.- 3-hexenal
- 29.- propilisopropilcetona
- 30.- aldehido valérico

CAPITULO X

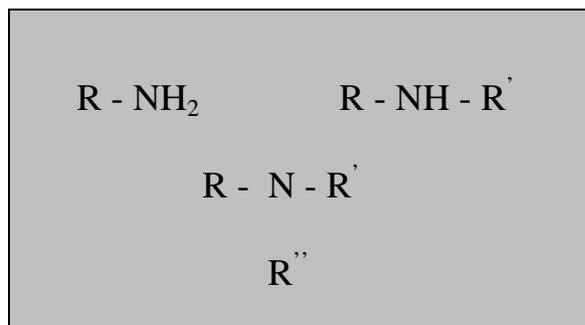
AMINAS.

Las aminas son compuestos que se relacionan con el amoníaco, tanto en su comportamiento como en su estructura.

Pueden considerarse como producto de la sustitución parcial o total de los átomos de hidrógeno del amoníaco por grupos alquilo.

Pueden ser primarias, secundarias o terciarias, según la cantidad de átomos de hidrógeno reemplazados.

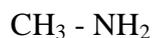
Se clasifican en monoaminas y poliaminas, según sea el número de agrupaciones minadas contenidas en la molécula.



Si consideramos R como un grupo alquilo, simbolizamos en los tres ejemplos anteriores a aminas primarias, secundarias y terciarias.

Para nombrar a las aminas, nombramos el o los nombres de los grupos alquilo en orden de complejidad y terminamos con la palabra amina.

Ejemplos:



metilamina



dimetilamina



trimetilamina

Los nombres de las aminas se escriben en una sola palabra.

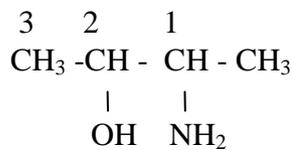
Para las aminas secundarias o terciarias en las cuales todos los grupos alquilo son iguales se les denomina anteponiendo el prefijo multiplicador apropiado al nombre del alquilo.

Cuando la cadena es más larga se da como número 1 al carbono que va unido al grupo funcional, en otras palabras al nitrógeno.

La fórmula del siguiente compuesto $\begin{array}{cccccc} & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{NH}_2 \\ & & & & | & & & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & & & & & \end{array}$ se denomina **3-metilpentilamina**.

Para el siguiente compuesto $\begin{array}{cccc} & & & 1 \\ & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{NH}_2 \\ & & & & | & & & & \\ & & & & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 & & \end{array}$ el nombre es: **1-etilbutilamina**.

Las aminas pueden sustituirse como en el siguiente caso:



Como habíamos dicho, el carbono que lleva el grupo amino lleva el número 1; el nombre para este compuesto es : **2-hidroxi-1-metilpropilamina**.

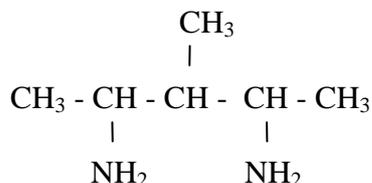
Los compuestos que contienen dos o tres grupos amino pueden llamarse como alcanodiamina y alcanotriamina. Con números se indican los carbonos que llevan los grupos aminos.

Ejemplo:

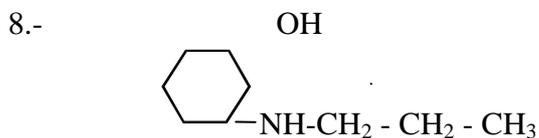
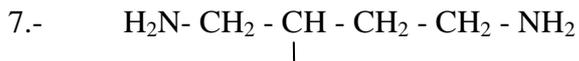
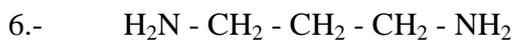
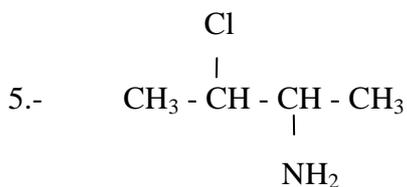
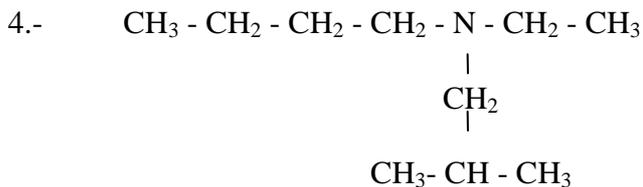
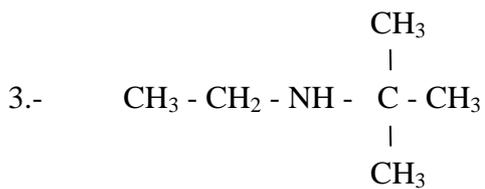
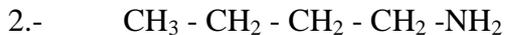
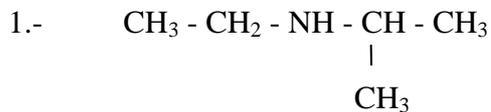


1,5-pentanodiamina o pentametilendiamina

La 3-metil-2,4-pentanodiamina se representa por la fórmula :



PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras.



Escriba las estructuras de los siguientes compuestos

1.- etilamina

2.- dimetilamina

3.- 4-metilpentilamina

4.- 1-metilpropilamina

5.- 3-hidroxi-1-metilbutilamina

6.- tetrametilenamina

7.- 3-metil-2,4-pentanodiamina

8.- trimetilendiamina

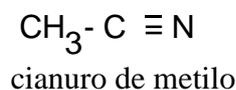
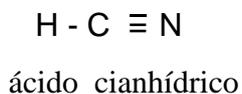
9.- etilpropilamina

CAPITULO XI

NITRILOS O CIANUROS



Los nitrilos se consideran como derivados del ácido cianhídrico, es decir, vienen a ser cianuros de alquilo.

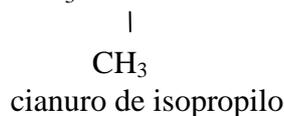


a.- Se nombran agregando a la palabra cianuro el nombre del grupo alquilo.

Ejemplos :



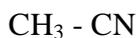
cianuro de etilo



b.- Otra forma de nombrarlos es considerar la totalidad de átomos de carbono, denominarlo como alcano y terminar en nitrilo.

Así el cianuro de metilo se llama también **etanonitrilo** y el cianuro de isopropilo se llama **isobutanonitrilo**.

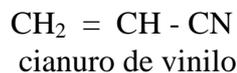
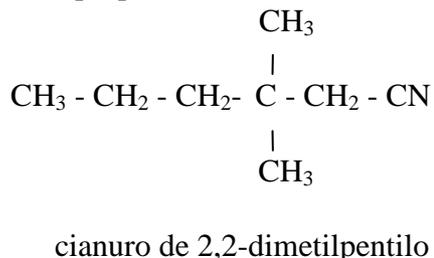
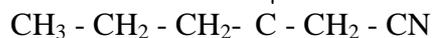
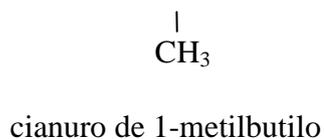
También se pueden nombrar según el ácido carboxílico que dan por hidrólisis, terminado en nitrilo.



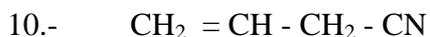
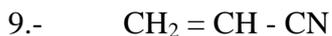
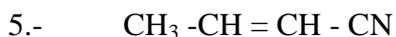
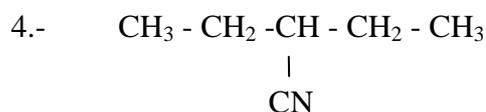
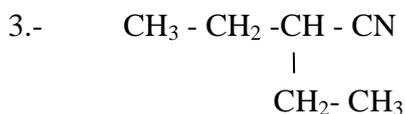
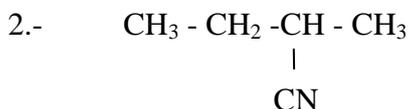
acetonitrilo



propionitrilo



PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras



Escriba las estructuras de los siguientes compuestos.

- 1.- cianuro de hexilo
- 2.- 2-metilhexanonitrilo
- 3.- 2,2-dimetilheptanonitrilo
- 4.- cianuro de 4,5-dimetil-3-etilhexilo
- 5.- cianuro de vinilo
- 6.- cianuro de propenilo
- 7.- cianuro de tercbutilo
- 8.- cianuro de etilo
- 9.- propanonitrilo
- 10.- isobutanonitrilo
- 11.- cianuro de secbutilo
- 12.- cianuro de 1-etilpentilo

CAPITULO XII

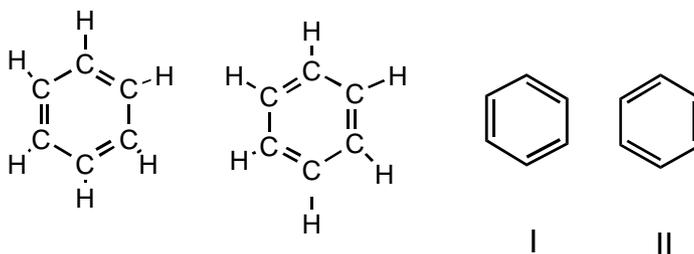
COMPUESTOS AROMATICOS

Los compuestos aromáticos son el **benceno** y aquellas sustancias que son semejantes al benceno en su comportamiento químico.

Las propiedades aromáticas son las que distinguen al benceno de los hidrocarburos alifáticos.

Dada nuestra definición de compuestos aromáticos, es evidente que todo estudio debe comenzar con el benceno.

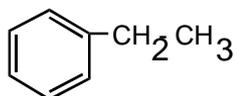
El benceno tiene la fórmula molecular C_6H_6 . La estructura propuesta por Kekulé es



El benceno es un híbrido de I y II por consecuencia lo representamos por medio de un hexágono regular con un círculo inscrito. Se subentiende que un hidrógeno está unido a cada ángulo del hexágono, salvo que se indique otro átomo o grupo. El círculo simboliza la nube de seis electrones π deslocalizados.

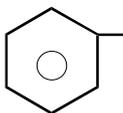
La denominación de los derivados del benceno se hace uniendo el nombre del grupo sustituyente a la palabra benceno para formar un nombre de una sola palabra.

Dado que todas las posiciones en el benceno son equivalentes, no es necesario enumerar para indicar la posición de un sólo sustituyente. Así el

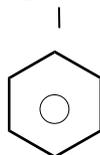


se denomina etilbenceno. Como puede ver se nombra primero el grupo alquilo (etil) y se termina con benceno.

Algunas veces puede considerarse al benceno como sustituyente, para tal caso el benceno se considera perdiendo un hidrógeno y nombrándolo **FENILO o FENIL**



Para el compuesto $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$



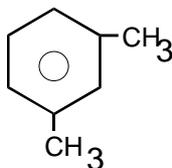
el nombre es : **6- fenil-2- noneno**

Cuando dos o más grupos sustituyentes se unen al anillo bencénico, se presenta la posibilidad de isómeros.

En este caso se debe emplear designaciones de posición. Se usa para esto números y letras.

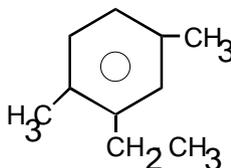
Cuando se usa números, uno de los sustituyentes recibe el número 1 y los otros se enumeran con los números más bajos.

La fórmula



recibe la denominación de **1,3-dimetilbenceno**.

El siguiente compuesto se denomina, **2-etil -1,4-dimetilbenceno**

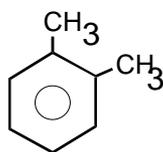


Cuando existen dos sustituyentes, se usa frecuentemente letras en lugar de números para indicar las posiciones.

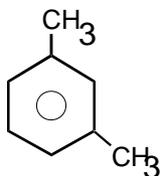
Para aquellos compuestos que tengan sustituyentes en las posiciones 1,2 se utiliza el prefijo **orto** el cual se abrevia con una o; para las posiciones 1,3 se utiliza **meta** (m) y para la posición 1,4 se utiliza el prefijo **para** (p)

Los compuestos que tienen dos grupos metilo como sustituyentes del benceno reciben el nombre de **Xilenos**.

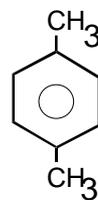
Los compuestos que tienen un sustituyente metilo y un sustituyente OH reciben el nombre de **Cresoles**.



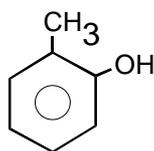
o- xileno



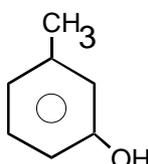
m-xileno



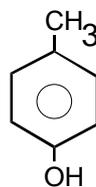
p-xileno



o-cresol



m-cresol



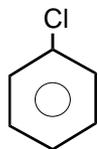
p-cresol

Al metilbenceno se le conoce con el nombre de **Tolueno**, y se usa como base de nombres. Cuando esto ocurre se le da al carbono que lleva el grupo metilo la numeración 1.

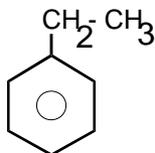
Igual que los hidrocarburos alifáticos, los hidrógenos pueden ser reemplazados por una variedad de grupos sustituyentes.

Los bencenos sustituidos reciben igual denominación de la que reciben los alcanos sustituidos.

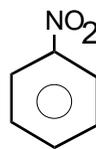
Ejemplos:



clorobenceno

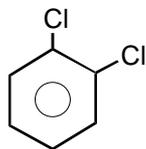


etilbenceno

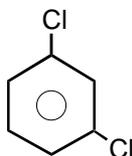


nitrobenceno

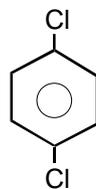
Cuando existen 2 sustituyentes, éstos pueden ser iguales o diferentes. Veamos algunos ejemplos



1,2-diclorobenceno
o-diclorobenceno

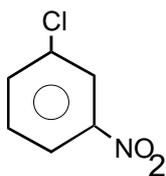


1,3-diclorobenceno
m-diclorobenceno

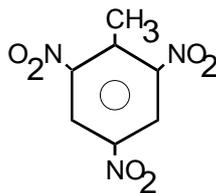


1,4-diclorobenceno
p-diclorobenceno

Los siguientes compuestos reciben los siguientes nombres:



m-nitroclorobenceno

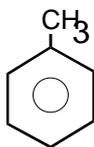


2,4,6-trinitrotolueno

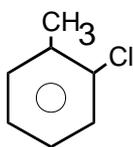
Los compuestos que tienen un grupo alquilo unido al anillo bencénico se les denomina alquilbenceno. A estos compuestos, un sustituyente puede unirse al núcleo bencénico o al grupo alquilo, llamada cadena lateral.

En el caso del tolueno (metilbenceno), un sustituyente cloro puede unirse al anillo o al grupo CH_3 .

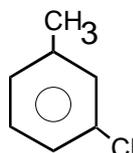
Veamos algunos ejemplos :



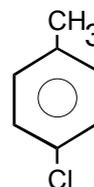
tolueno



o-clorotolueno

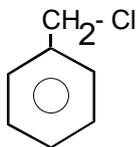


m-clorotolueno



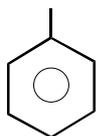
p-clorotolueno

Si la sustitución se realiza en la cadena lateral, el nombre que recibe el compuesto es: **Alfa-clorotolueno o cloruro de bencilo.**

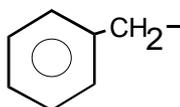


Cuando la sustitución se realiza en la cadena lateral se utilizan letras griegas, alfa, beta, gama, según sea la cantidad de átomos de carbono que tenga, dando la letra alfa al carbono unido al ciclo aromático.

Si recordamos al benceno lo podíamos nombrar como sustituyente y lo denominamos fenilo; para el caso del Tolueno también lo podemos nombrar como sustituyente. Cuando el Tolueno pierde un hidrógeno de su grupo metilo se denomina **Bencilo.**

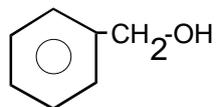


fenilo

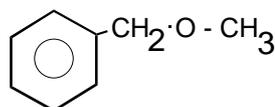


bencilo

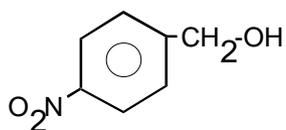
A continuación se presentan algunos compuestos



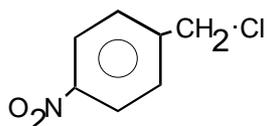
alcohol bencílico



éter metilbencílico



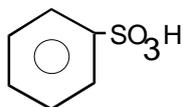
alcohol p-nitrobencílico



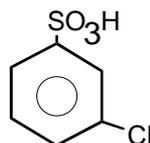
cloruro de p-nitrobencilo

Cuando se reemplaza un hidrógeno por un grupo funcional $-SO_3H$, el compuesto recibe el nombre de ácido bencenosulfónico.

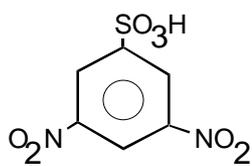
Ejemplos:



ác. Bencenosulfónico



ác. m-clorobencenosulfónico

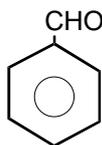


ácido 3,5-dinitrobencenosulfónico

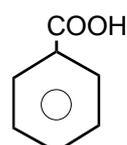
A continuación se presentan algunos compuestos aromáticos. Recuerde la nomenclatura de los compuestos alifáticos. Trate de relacionar los compuestos alifáticos con los aromáticos.



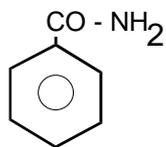
fenilamina (anilina)



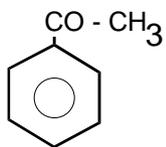
benzaldehido



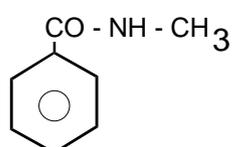
ác. benzoico



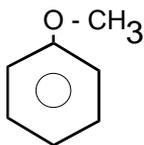
benzamida



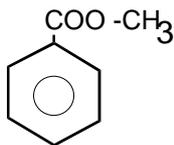
metilfenilcetona
(acetofenona)



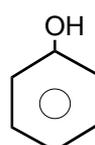
N-metilbenzamida



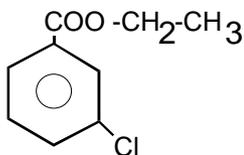
metilfenil éter



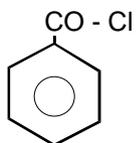
benzoato de metilo



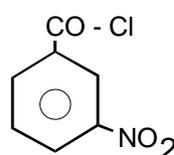
fenol



m-clorobenzoato de etilo

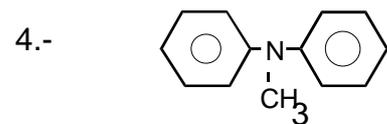
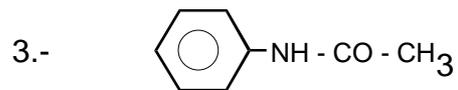
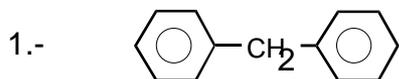


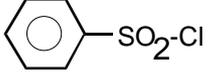
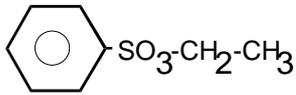
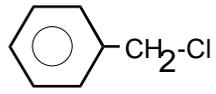
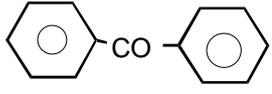
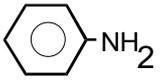
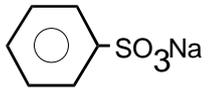
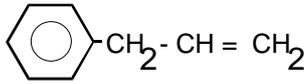
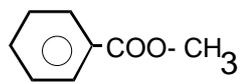
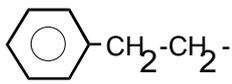
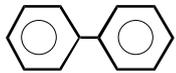
cloruro de benzoílo



cloruro de m-nitrobenzoílo

PROBLEMAS. De nombre a las siguientes estructuras.



- 6.- 
- 7.- 
- 8.- 
9. 
- 10.- 
- 11.- 
- 12.- 
- 13.- 
- 14.- 
- 15.- 

Escriba las estructuras de los siguientes compuestos.

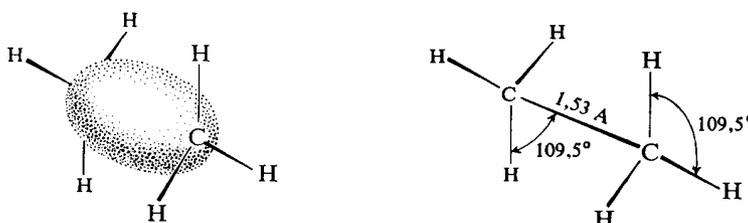
- 1.- ácido toluíco
- 2.- 1,4-diclorobenceno
- 3.- p-clorotolueno
- 4.- trinitrofenol simétrico
- 5.- 1,2,3-triclorobenceno
- 6.- m-diclorobenceno
- 7.- cianuro de bencilo
- 8.- ácido 3-fenil propiónico

- 9.- cloruro de fenilo
- 10.- benzaldehido
- 11.- benzanamida
- 12.- 2,4,6-trinitrofenol
- 13.- m-dinitrotolueno
- 14.- m-xileno
- 15.- 3-metilfenol
- 16.- 2-clorobenzaldehido
- 17.- cloruro de bencilo
- 18.- 3-clorotolueno
- 19.- cianuro de p-aminobenceno
- 20.- cloruro de m-clorobencilo
- 21.- anilina
- 22.- ácido bencenosulfónico
- 23.- cloruro de bencenosulfonilo
- 24.- etilbenceno
- 25.- vinilbenceno
- 26.- benzoato de fenilo
- 27.- benzoato de bencilo
- 28.- p-metilbenzaldehido
- 29.- fenil-p-clorofenilcetona
- 30.- o-dinitrobenceno
- 31.- m-cresol
- 32.- o-xileno
- 33.- cianuro de m-bromofenilo
- 34.- cloruro de p-metilbenzoílo
- 35.- metilfenilamina
- 36.- metilfenil eter
- 37.- 2,6-dimetilfenol
- 38.- difenilo
- 39.- N-etilbenzanamida
- 40.- 2-fenilpropionato de isopropilo

CAPITULO XIII

ESTRUCTURAS CONFORMACIONALES

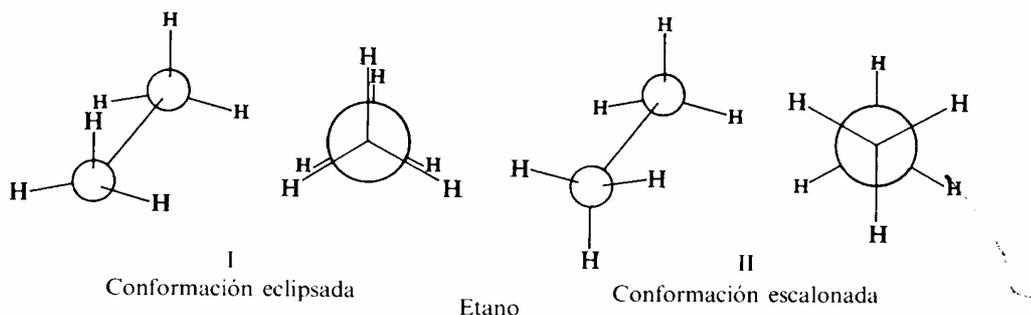
Cuando estudiamos a los alcanos, indicamos que su estructura es tetraédrica. Si continuamos con esta serie, el que sigue en tamaño al metano es el etano. Si unimos los átomos de esta molécula por enlaces covalentes, siguiendo la regla de un enlace (un par de electrones) por cada hidrógeno y cuatro por cada carbono (cuatro pares de electrones), llegamos a la estructura



De acuerdo a estudios de difracción electrónica y estudios espectroscópicos la molécula presenta un ángulo de enlace de $109,5^\circ$, una longitud de enlace C-H de 110 Å y una longitud de enlace C-C de 153 Å.

Libre rotación en torno al enlace simple carbono - carbono. Conformaciones

Este conjunto particular de ángulos y longitudes de enlace no nos limita a un solo arreglo atómico para la molécula de etano, puesto que no se especifica la rotación entre los hidrógenos de un átomo de carbono y los del otro. La posición relativa de los átomos individualmente unidos en una molécula. Se denomina **Conformación**.



A consecuencia de la rotación libre alrededor del enlace sencillo carbono - carbono, son posibles un número infinito de conformaciones en la molécula de etano. Las dos más extremas se muestran en las estructuras anteriores mediante fórmulas de caballete y proyecciones de Newman. Las últimas se construyen mirando la molécula a lo largo del eje del enlace carbono - carbono. La conformación de menor energía es aquella en que los átomos de hidrógeno no enlazados al mismo carbono están lo más apartado posible. Esta es la conformación alternada.

En la conformación eclipsada los átomos de hidrógeno están, en realidad, visiblemente eclipsados cuando examinamos el modelo en la dirección del eje del enlace carbono - carbono.

Cambios de energía potencial durante la rotación en torno a un enlace simple carbono - carbono del etano

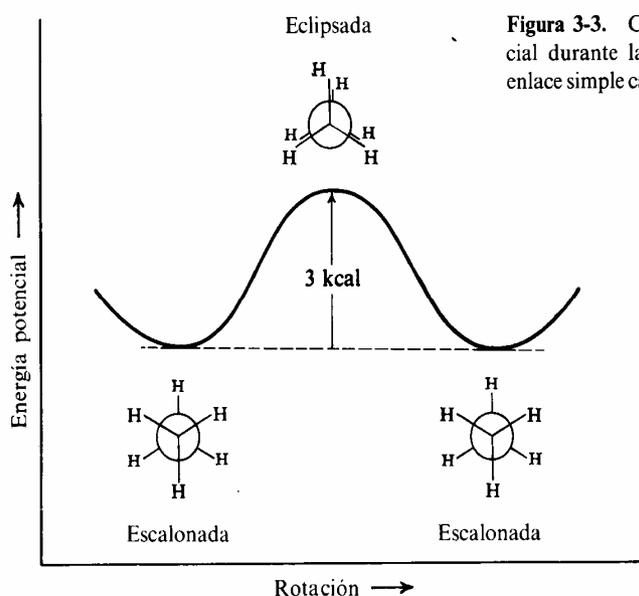
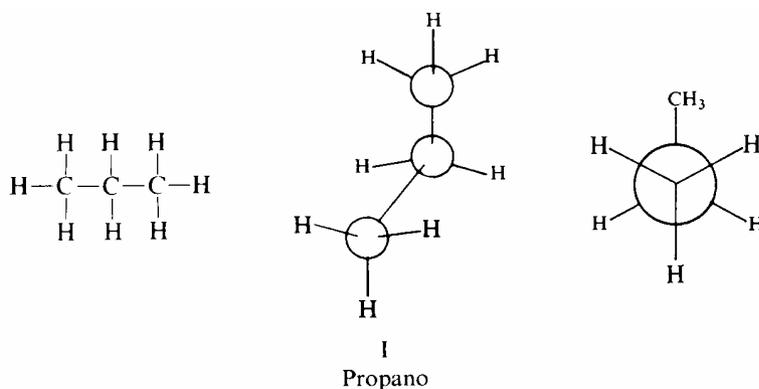


Figura 3-3. Cambios de energía potencial durante la rotación en torno a un enlace simple carbono-carbono del etano.

La energía requerida para rotar la molécula de etano en torno al enlace carbono- carbono se llama energía torsional. La inestabilidad relativa de la conformación eclipsada o de cualquiera de las sesgadas intermedias, se debe a la tensión torsional.

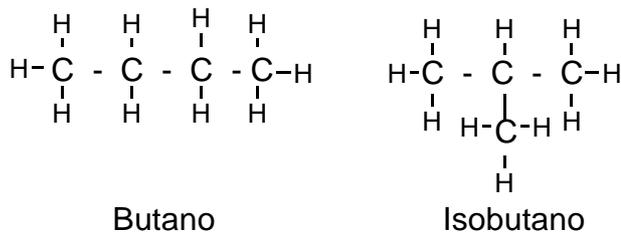
Propano y los butanos.

El miembro siguiente de la serie de los alcanos es el propano, C_3H_8 . Siguiendo la regla de un enlace por hidrógeno y cuatro por carbono, llegamos a la siguiente estructura.



Aquí, la rotación puede producirse en torno a dos enlaces carbono - carbono y de nuevo es esencialmente libre. A pesar de que el grupo metilo es considerablemente más grande que un hidrógeno, la barrera rotacional es sólo ligeramente mayor 3,3 kcal/mol que para el etano. Evidentemente, la aglomeración en la conformación eclipsada aún no es significativa, por lo que ella se debe esencialmente al mismo factor: tensión torsional.

Cuando consideramos al **butano** C_4H_{10} , nos encontramos con dos estructuras posibles,



una presenta una cadena con cuatro átomos de carbono, en cambio la otra estructura tiene una cadena de tres carbonos, con una ramificación de un carbono. No cabe duda de que éstas representan estructuras diferentes, puesto que ningún movimiento, torsión o giro en torno a enlaces carbono - carbono permite hacerlas coincidir; podemos observar que en la estructura de cadena recta, cada carbono tiene por lo menos dos hidrógenos, mientras que en la de cadena ramificada uno de los carbonos tiene solamente un hidrógeno.

Cuando observamos a la molécula de 1 butano normal y fijamos nuestra atención en el enlace C - C central, vemos una molécula similar al etano pero con un grupo metilo en cada carbono en reemplazo de dos hidrógeno

CAPITULO XIV

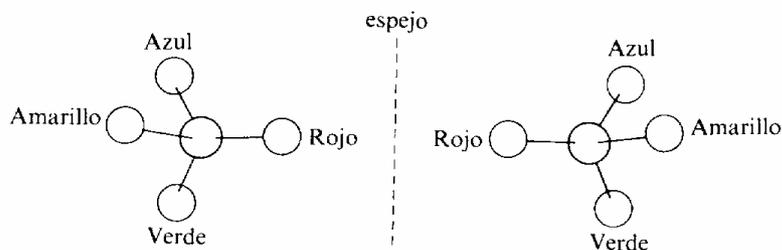
ESTEREOQUIMICA . ESTEREOISOMERIA

La ciencia de la Química orgánica se fundamenta en la relación que existe entre estructura molecular y propiedades. Aquella parte de la ciencia que se ocupa de la estructura en tres dimensiones, se denomina **estereoquímica**.

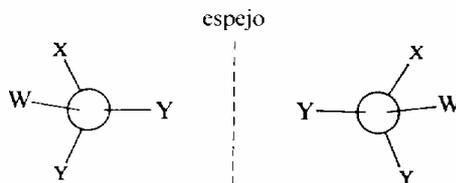
Un aspecto de la estereoquímica es la **estereoisomería**. Recordemos que los isómeros son compuestos diferentes que tienen la misma fórmula molecular. La clase particular de isómeros que sólo se diferencian por la orientación espacial de sus átomos se llaman **estereoisómeros**.

ENANTIOMERIA Y CARBONO TETRAEDRICO

Conociendo la estructura tetraédrica del metano, se puede construir un compuesto CWXYZ empleando una esfera de distintos color para cada átomo o grupo diferente. Luego, imaginemos que lo colocamos frente a un espejo y construyamos un segundo modelo igual a la imagen especular; tenemos ahora dos modelos que tienen el siguiente aspecto



y que se supone representan a:

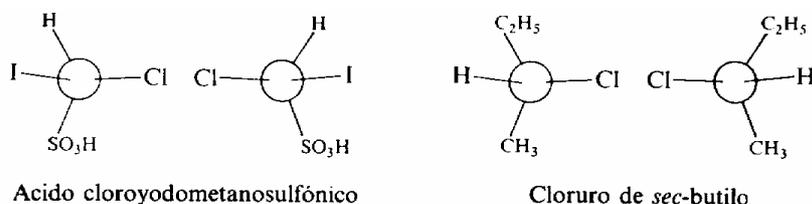
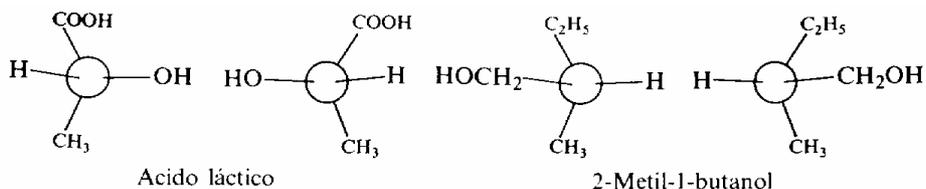


No superponibles: isómeros

Si nos fijamos bien, estos modelos no son superponibles, podemos torcerlos y girarlos tanto como queramos, pero, aunque puedan coincidir dos grupos de cada uno, es

imposible lograrlo con los otros dos. Los modelos no son superponibles, por lo que deben representar dos isómeros de fórmula CWXYZ.

Como ejemplo podemos citar al ácido láctico el cual presenta dos estructuras, lo mismo que el 2-metil-1-butanol, los ácidos cloroyodometanosulfónico y los cloruros de *sec*-butilo.



Podemos apreciar que las estructuras de cada par son imágenes especulares no superponibles por lo que representan isómeros. Los isómeros especulares se llaman **enantiómeros**. Puesto que sólo se distinguen por la diferente orientación espacial de sus átomos, los enantiómeros pertenecen a la clase general llamada **estereoisómeros**.

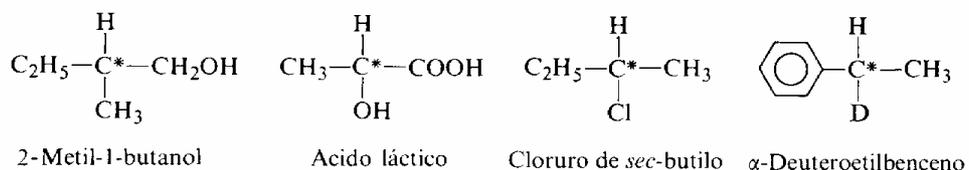
QUIRALIDAD

Las moléculas no superponibles con sus imágenes especulares son **quirales**.

La quiralidad es la condición necesaria y suficiente para la existencia de los enantiómeros, es decir, un compuesto cuyas moléculas son quirales puede existir como enantiómero; un compuesto cuyas moléculas son aquirales no puede existir como enantiómero.

EL CENTRO QUIRAL

Todas las moléculas que a continuación se presentan, tienen un carbono que tiene cuatro grupos diferentes.



Un átomo de carbono unido a cuatro grupos diferentes es un **centro quiral**. Algunas veces se le llama carbono quiral. Muchas moléculas -pero no todas- que contienen un centro quiral son quirales.

ENANTIOMEROS.

Los isómeros que son imágenes especulares no superponibles, se llaman **enantiómeros**. Los dos ácidos lácticos cuyas estructuras estudiamos son enantiómeros.

Los enantiómeros tienen propiedades químicas idénticas, excepto frente a reactivos ópticamente activos. Los dos ácidos lácticos no solamente son ácidos, sino que, además, tienen la misma fuerza, es decir, disueltos en agua a concentraciones iguales, ambos presentan el mismo grado de ionización.

MEZCLA RACÉMICA

Una mezcla de partes iguales de enantiómeros se denomina **mezcla racémica**. Esta mezcla es ópticamente inactiva. Cuando se mezclan enantiómeros, la rotación provocada por una molécula de un isómero es cancelada exactamente por una rotación igual y opuesta causada por una molécula de su enantiómero. Se emplea el prefijo +/- para especificar la naturaleza racémica de una muestra en particular, como por ejemplo +/-ácido láctico.

ACTIVIDAD OPTICA

La actividad óptica resulta de - y sólo de - la quiralidad. Cada vez que se observe actividad óptica, sabremos que estamos tratando con moléculas quirales.

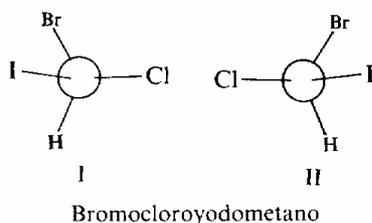
Si nos preguntamos ¿ Debemos observar actividad óptica cada vez que estamos en presencia de moléculas quirales, de compuestos que existen como enantiómeros ? la respuesta es No. Acabamos de ver que una mezcla de iguales cantidades de enantiómeros es ópticamente inactiva; es evidente que, si hemos de observar actividad óptica, nuestro material debe tener abundancia de uno de los enantiómeros, lo suficiente para que la rotación neta pueda ser detectada con el polarímetro. Además, la abundancia de uno de los enantiómeros debe ser lo suficientemente persistente como para alcanzar a medir la actividad.

ESPECIFICACION DE LA CONFIGURACION: R y S

El arreglo de átomos que caracteriza a un estereoisómero determinado se llama **configuración**.

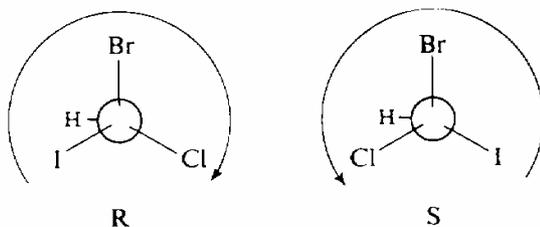
Para poder especificar en forma sencilla la configuración ocuparemos el método general que emplea los prefijos R y S, el cual implica dos pasos.

Paso 1. Siguiendo un conjunto de reglas secuenciales, asignando un orden de prioridad a los cuatro átomos o grupos unidos al centro quiral. En el caso del CHClBrI , por ejemplo, los cuatro átomos unidos al centro quiral son todos diferentes y la prioridad simplemente depende del número atómico; el átomo de número mayor tiene preferencia. Así: I, Br, Cl, H .



Paso 2. Visualizamos la molécula orientada de modo que el grupo de prioridad más baja se aleje y luego observamos el ordenamiento de los grupos restantes. Si, procediendo desde el grupo de prioridad máxima hacia el de segunda y luego al de tercera, nuestra vista sigue una trayectoria en el sentido de los punteros del reloj o sea a la derecha, la configuración se especifica como **R** (latín: rectus, derecha); si lo hace en sentido contrario es **S** (latín: sinister, izquierda).

Así el ejemplo presenta las configuraciones R y S.

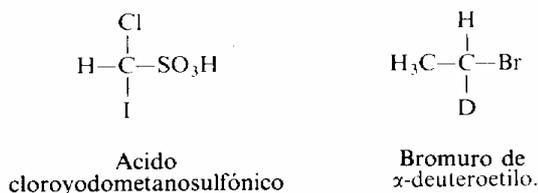


REGLAS SECUENCIALES

Para facilitar el estudio, enunciaremos aquellas reglas secuenciales que necesitaremos.

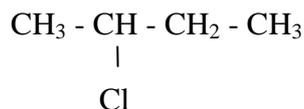
Regla secuencial 1. Si los cuatro átomos unidos al centro quiral son todos diferentes, la prioridad depende del número atómico; el que tenga el número atómico mayor tiene la prioridad más alta.

Así en el caso del ácido cloroyodometanosulfónico, por ejemplo, la secuencia es I,Cl,S,H; en el bromuro de alfa deuterioetilo es Br,C,D,H.



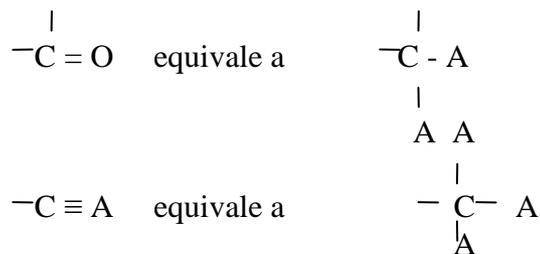
Regla secuencial 2. Si la regla secuencial 1 no puede decidir la prioridad relativa de dos grupos, ésta será determinada por una comparación similar de los átomos siguientes en cada grupo y así sucesivamente, si fuese necesario, trabajando desde el centro quiral hacia afuera. Es decir, si dos átomos unidos al centro quiral son iguales, comparamos los átomos unidos a cada uno de aquellos.

Tomemos el cloruro de sec-butilo como ejemplo,

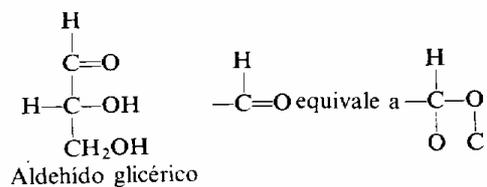


Si analizamos al cloruro de sec-butilo, veremos que dos de los átomos unidos al centro quiral son carbono. En el CH_3 -, los segundos átomos son H,H,H; en el $\text{CH}_3\text{-CH}_2$ -, son C,H,H. Puesto que el carbono tiene un número mayor que el hidrógeno, tiene mayor prioridad el $\text{CH}_3 - \text{CH}_2$ -. Por consiguiente, la secuencia para el cloruro de sec-butilo es Cl, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2$ -, CH_3 -, H.

Regla secuencial 3. Cuando en la molécula aparece un doble o triple enlace, ambos átomos se consideran como duplicados o triplicados, como sigue,



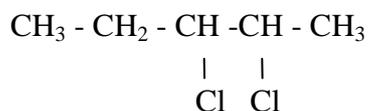
Analicemos el aldehído glicérico



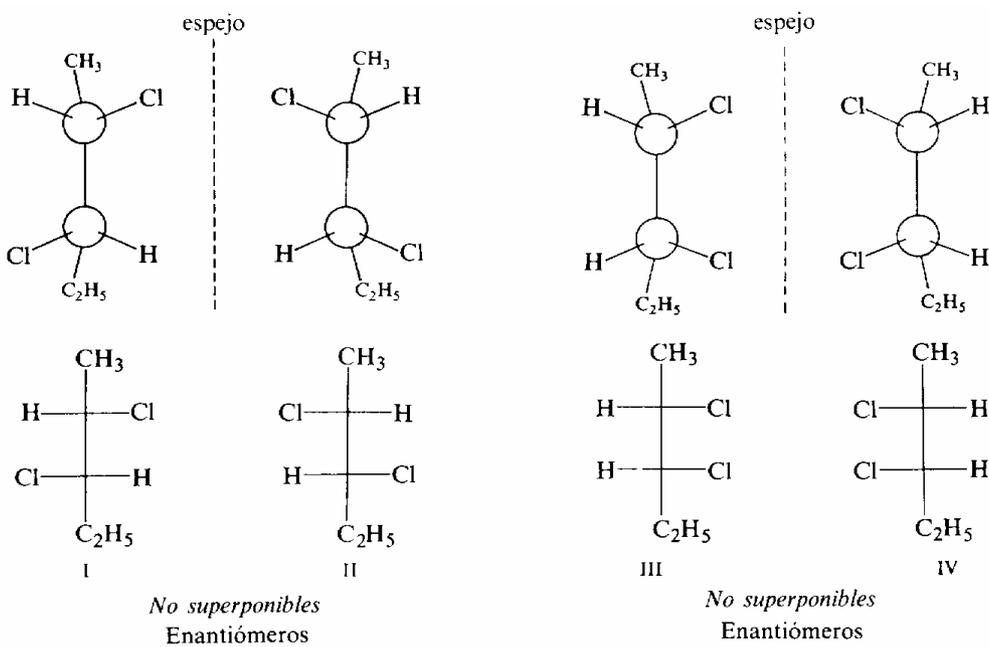
el grupo OH tiene la primera prioridad y el O,O,H del -CHO tiene preferencia sobre el O,H,H del -CH₂OH. Entonces la secuencia completa es -OH, -CHO, -CH₂OH, H.

DIASTEROMEROS.

Estudiaremos el compuesto 2,3-dicloropentano, este compuesto contiene dos centros quirales C₂ y C₃



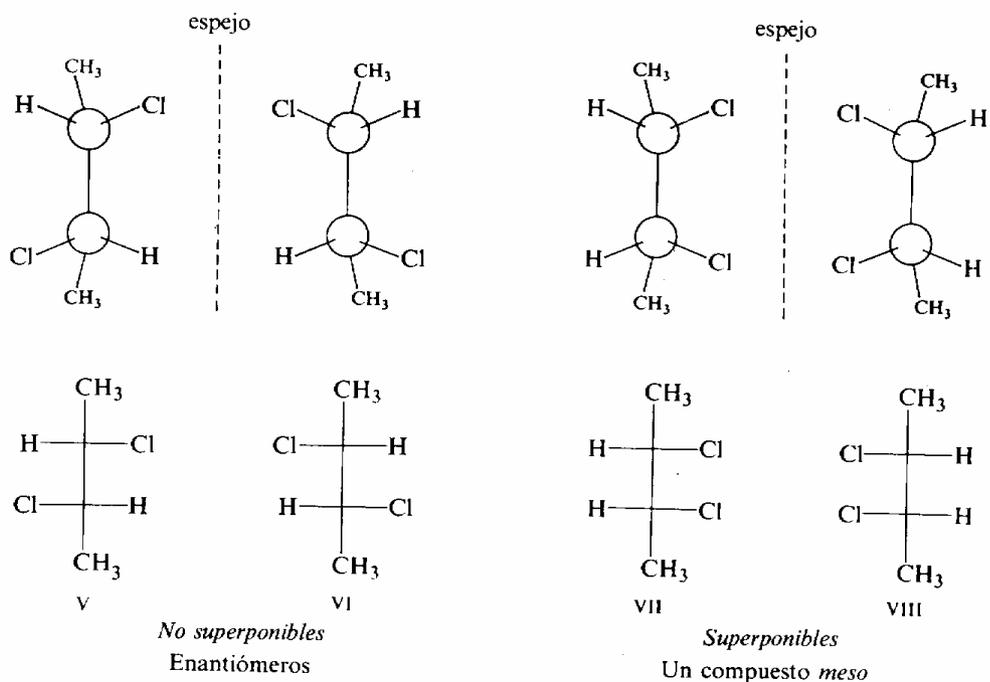
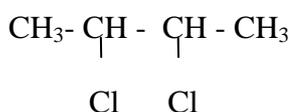
De este compuesto podemos escribir los siguientes estereoisómeros.



La estructura III, resulta imposible de superponer, tanto a la I, como a la II; desde luego no es imagen especular de ninguna de las dos. Son estereoisómeros pero no enantiómeros. Los estereoisómeros que no son imágenes especulares entre sí se denominan **diasterómeros**. El compuesto III es un diasterómero de I e igualmente de II. El compuesto IV es la imagen especular no superponible de III por lo tanto son enantiómeros. Al igual que III, el compuesto IV es un diasterómero de I y II.

ESTRUCTURA MESO

Ahora bien, estudiemos al compuesto 2,3-diclorobutano, que también tiene dos centros quirales y realizamos sus estereoisómeros

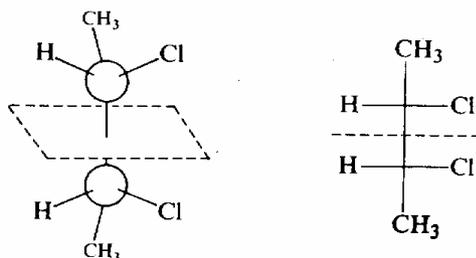


Igual que en el caso anterior llegamos primero a las dos estructuras V y VI. Estas son imágenes especulares no superponibles, por lo tanto son enantiómeros y cada una de ellas debe ser ópticamente activa.

La estructura VII presenta su imagen que es superponible, si giramos VIII, coincide en todo aspecto con VII. A pesar de sus centros quirales VII no puede existir en dos formas enantiómeras y no puede ser ópticamente activo, se le llama un compuesto meso.

Un compuesto meso es aquel cuyas moléculas son superponibles a sus imágenes especulares a pesar de contener centros quirales.

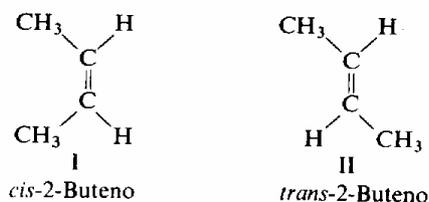
A menudo podemos reconocer a primera vista una estructura **meso** por el hecho de que una mitad de la molécula es la imagen especular de la otra. Esto puede apreciarse en el meso-2,3-diclorobutano.



ISOMEROS GEOMETRICOS

Puesto que los 2-butenos isómeros, sólo difieren en la orientación espacial de sus átomos, pertenecen a la clase general de isómeros que denominamos estereoisómeros. Sin embargo no son imágenes especulares entre sí, por lo que no son enantiómeros.

El tipo específico de compuestos que deben su existencia a la rotación impedida en torno a enlaces dobles se conoce como **isómeros geométricos**. Por consiguiente, los 2-butenos son isómeros geométricos.

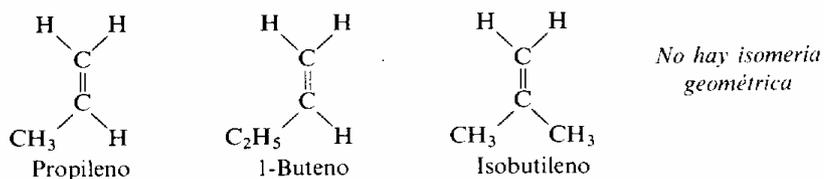


Recordemos que el arreglo característico de los átomos de un estereoisómero es su configuración; las de los 2-butenos isómeros son las estructuras I y II, cuyos nombres se

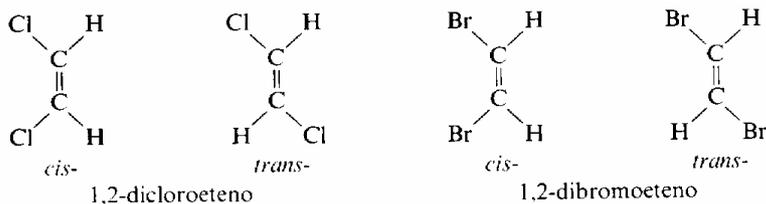
diferencian por los prefijos **Cis** (latín, a este lado) y **Trans** (latín ,al otro lado), lo que indica que los grupos metilo se encuentran al mismo lado o en lados opuestos de la molécula.

La rotación se halla impedida en torno a cualquier doble enlace, pero solamente origina isomería geométrica si se cumplen ciertas relaciones entre los grupos unidos a los carbonos doblemente enlazados.

En el caso del propileno, el 1-buteno y el isobutileno, no presentan isomería.

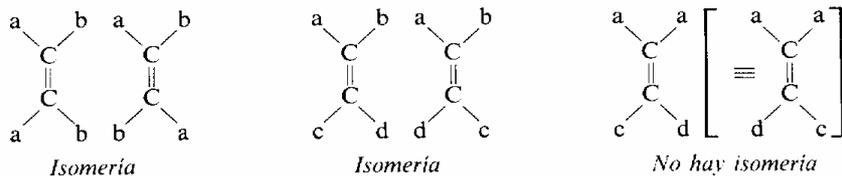


Si consideramos otros compuestos, aparte de los hidrocarburos, concluimos que el 1,1-dicloroeteno y el 1,1-dibromoeteno no deberían presentar isomería, mientras que el 1,2-dicloro y el 1,2-dibromoetenos sí, en todos estos casos los pronósticos son correctos, habiéndose aislado isómeros con propiedades diferentes.



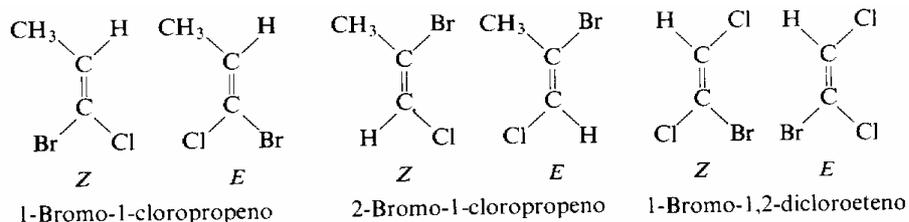
Del examen de estas estructuras, podemos concluir que la isomería geométrica no puede existir si cualquiera de los carbonos unidos por doble enlace llevan dos grupos idénticos.

Resumiendo se indican algunas de las combinaciones posibles.



El fenómeno de la isomería geométrica es general y se puede encontrar en cualquier clase de compuestos con dobles enlaces carbono - carbono.

Los prefijos Cis y Trans son adecuados para etilenos disustituídos y algunos trisustituídos. Cuando se presentan compuestos del tipo,



se observa cada uno de los carbonos del doble enlace separadamente, ordenamos sus dos átomos o grupos de acuerdo con una secuencia. A continuación elegimos el grupo prioritario de cada uno de los carbonos de acuerdo al número atómico y determinamos si ambos se encuentran al mismo lado de la molécula o si están en lados opuestos. Usamos la letra **Z** para indicar al mismo lado y la letra **E** para indicar lados opuestos. (del alemán: Zusammen, junto y Entgegen, opuestos)

CAPITULO XV

HIDROCARBUROS ALICICLICOS

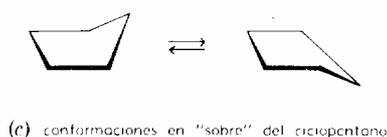
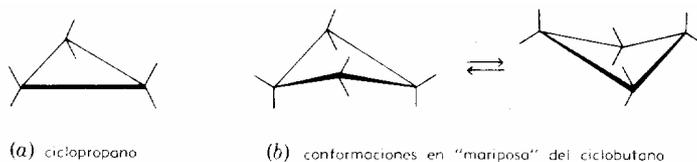
Los compuestos estudiados en los capítulos anteriores, los átomos de carbono están unidos entre sí, formando cadenas; se les llama sustancias de cadena abierta. Sin embargo, en muchos compuestos los átomos de carbono forman anillos, por lo que se llaman compuestos cíclicos.

En este capítulo estudiaremos hidrocarburos alicíclicos (hidrocarburos alifáticos cíclicos).

Recordemos que se denomina conformación a la geometría molecular de una determinada estructura química.

Los tres átomos de carbono del ciclopropano definen un plano y los seis átomos de hidrógeno están situados en dos planos paralelos, por encima y por debajo de él.

El esqueleto de carbono del ciclobutano, que se desvía ligeramente del plano, puede considerarse con una configuración de * mariposa*. Cuatro de los átomos de carbono del ciclopentano están prácticamente sobre un plano, pero el quinto se desvía hacia fuera del plano, esultando una configuración en forma de * sobre * . Cada una de esas configuraciones representa un estado de mínima energía entre las varias posibilidades disponibles para la molécula.

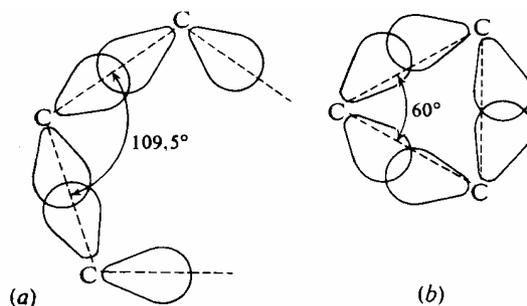


ANÁLISIS DEL CICLOPROPANO.

Los tres átomos de carbono del ciclopropano definen un plano y los seis átomos de hidrógeno están situados en dos planos paralelos, por encima y por debajo de él.

Para que se forme un enlace, deben ubicarse dos átomos de modo tal que se un orbital de uno traslape a uno del otro. Para un determinado par de átomos, el enlace resulta tanto más fuerte cuando mayor sea el traslape de los orbitales atómicos. Cuando el carbono se une a otros cuatro átomos, sus orbitales enlazantes (orbitales sp^3) se dirigen a los vértices de un tetraedro, de modo que el ángulo entre todo par de orbitales es de $109,5^\circ$. La formación de un enlace con otro átomo de carbono significa el traslape de uno de estos orbitales sp^3 con uno similar de otro átomo de carbono. Este traslape es más eficiente y, en consecuencia, resulta el enlace más firme, cuando ambos átomos se ubican de manera tal que un orbital sp^3 de cada átomo apunte hacia el otro átomo; esto significa que cuando se une un carbono a otros dos el ángulo de enlace C- C - C debe ser $109,5^\circ$.

Sin embargo, en el ciclopropano, el ángulo del enlace C - C - C no puede tener $109,5^\circ$, sino que debe ser de 60° . En consecuencia, los átomos de carbono no pueden estar ubicados de modo que sus orbitales sp^3 apunten unos a otros; hay menos traslape y el enlace resulta más débil que un enlace carbono - carbono usual.



Tensión angular: a) Para compuestos de cadena abierta o anillos grandes es posible el traslape máximo. b) traslape deficiente para el anillo de ciclopropano. Los enlaces torcidos tienen mucho carácter p.

Se atribuye la disminución en estabilidad de un compuesto cíclico a la tensión angular, la que se debe a un traslape deficiente de orbitales atómicos en la formación de enlaces carbono - carbono. Basados en cálculo mecánico- cuántico C.A.Coulson y W.A.Moffit, de la Universidad de Oxford, propusieron enlaces combados entre átomos de carbono del anillo del ciclopropano, idea que se ve apoyada por mapas de densidad electrónica obtenidas en estudio de rayos X.

El carbono emplea orbitales sp^2 para los enlaces carbono hidrógeno, los que son cortos y fuertes, y orbitales con mucho carácter p para enlaces carbono - carbono. El elevado carácter p de estos enlaces y su ubicación en parte del anillo parece conferir a

estas moléculas parte importante de su química poco común. Los orbitales de los enlaces carbono - carbono pueden traslapar orbitales de átomos adyacentes y la deslocalización resultante es responsable de los efectos del ciclopropilo como sustituyente. Los orbitales de los enlaces entre carbonos proporciona un punto de ataque por ácidos, el cual constituye el primer paso en la apertura del anillo.

Factores que afectan a la estabilidad de las conformaciones.

Para profundizar más en la química de compuestos cíclicos, debemos hacer uso del análisis conformacional. A modo de preparación para ello, revisaremos los factores que determinan la estabilidad de una conformación.

Un átomo tiende a poseer ángulos de enlace que corresponden a los de sus orbitales enlazantes: Como ejemplo tetraédricos ($109,5^\circ$) para carbono de hibridación sp^3 . Toda desviación de los ángulos de enlace normales va acompañada de **tensión angular**.

Todo par de carbono - carbono tetraédricos unidos entre sí tienden a escalonar sus enlaces, es decir, cada parte de una molécula semejante al etano tiende a adoptar la conformación escalonada, tal como lo hace el etano. Toda desviación de esta arreglo va acompañada de **tensión torsional**.

Todo par de átomos o grupos no enlazantes entre sí pueden interactuar de varias maneras, lo que depende de sus tamaños y polaridades y de cuán juntos lleguen a estar. Estas interacciones sin enlaces pueden ser repulsivas o atractivas, lo que puede resultar en desestabilización o estabilización de la conformación.

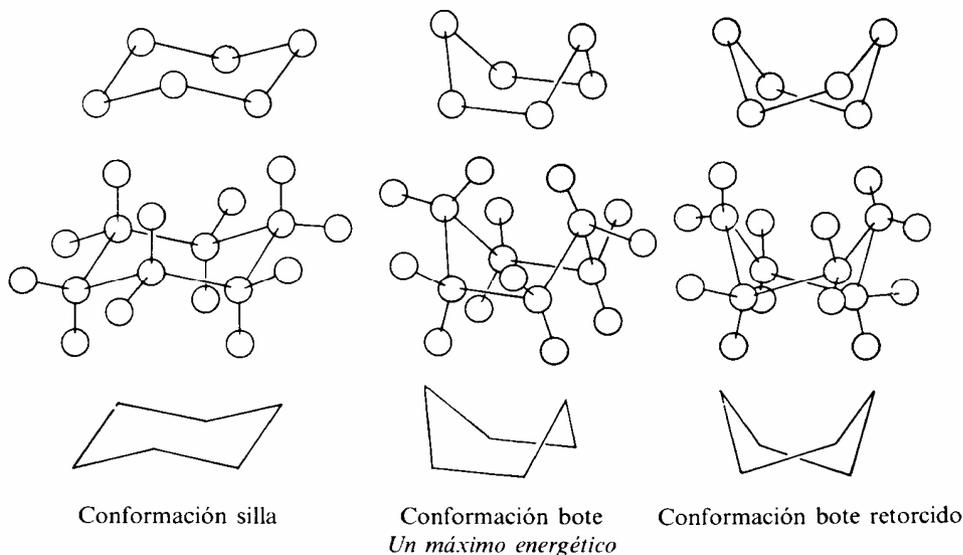
Los átomos o grupos no unidos que apenas se tocan, es decir, cuya distancia es aproximadamente igual a la suma de sus radios de van der Waals, se atraen mutuamente. Si se aproximan más, se repelen. Tal amontonamiento va acompañado por **tensión de van der Waals (tensión estérica)**.

Los átomos o grupos no unidos tienden a adoptar posiciones que generen las **interacciones dipolo - dipolo** más favorables, es decir, ubicaciones que reducen al mínimo las repulsiones dipolo - dipolo o que hacen máxima las interacciones correspondientes. Una atracción particularmente poderosa resulta del tipo especial de interacciones, llamada **punto de hidrógeno**.

Todos estos factores, actuando en conjunto u oponiéndose entre sí, determinan la estabilidad neta de una conformación.

ANALISIS DEL CICLOHEXANO.

Observemos más de cerca los anillos plegados del ciclohexano, el más importante de los cicloalcanos. Construyamos un modelo de su molécula y examinemos las conformaciones que estén libres de tensión angular.

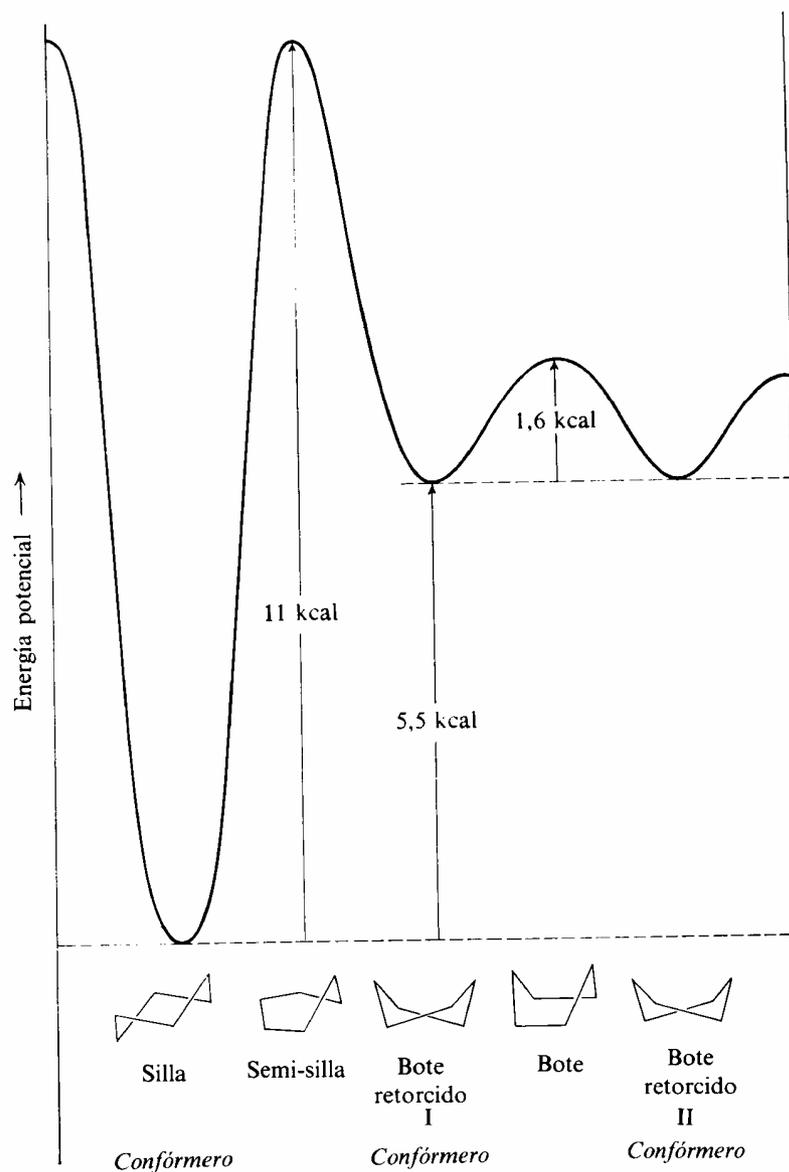


Primero tenemos la forma silla, si miramos a lo largo de cada uno de los enlaces carbono - carbono, en forma sucesiva, en cada caso vemos enlaces perfectamente escalonados. En consecuencia, esta conformación no sólo está libre de tensión angular sino también de tensión torsional. Se encuentra en un mínimo energético, por lo que es isómero conformacional. La forma silla es la conformación más estable del ciclohexano y, de hecho, de prácticamente todo derivado de él.

En seguida doblemos el extremo izquierdo de la molécula hacia arriba para obtener la conformación bote. Este no constituye un arreglo muy adecuado; mirando a lo largo de uno u otro de los enlaces carbono - carbono, vemos conjuntos de enlaces exactamente eclipsados, por lo que suponemos una tensión torsional considerable; tanto como dos moléculas de etano. Además hay tensión de van der Waals debido al acercamiento excesivo de los hidrógenos de las posiciones 1 y 4. La conformación bote es bastante menos estable que la silla. Se cree que se halla en un máximo energético, y no en un mínimo, por lo que no es un conformero sino un estado de transición entre dos de ellos.

Una nueva conformación es el bote torcido. Es un conformero que se encuentra en un mínimo energético a 5,5 Kcal sobre la conformación silla.

El confórmero bote torcido está separado de otro, enantiómero por una barrera energética de 1,6 Kcal de altura, sobre la cual se halla la conformación bote.

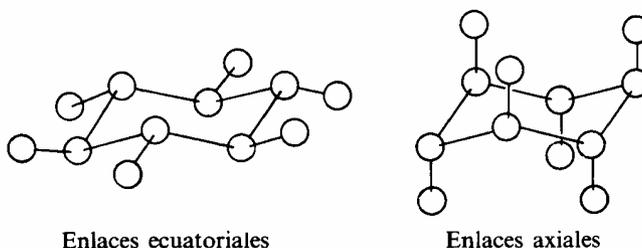


Relaciones de energía potencial entre conformaciones del ciclohexano.

Entre las formas silla y bote retorcido se encuentra la barrera más alta de todas: una conformación de transición (la semi silla), con tensión angular y torsional, y que se halla unas 11 kcal más arriba que la forma silla.

Enlaces ecuatoriales y axiales en el ciclohexano.

Sabemos que la conformación silla del ciclohexano es la más estable aunque el anillo del ciclohexano no es plano, podemos considerar que sus átomos de carbono se hallan aproximadamente en un plano. Si observamos de este modo la molécula, podemos apreciar que los átomos de hidrógeno ocupan posiciones de dos tipos distintos: seis se encuentran en el plano, mientras que los otros seis están encima o debajo de éste.

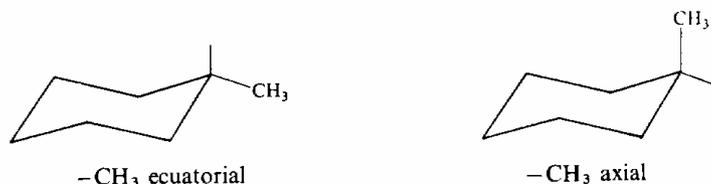


Los enlaces que tienen los hidrógenos que están en el plano del anillo se encuentran en un cinturón alrededor del * ecuador * de aquél, por lo que se llaman **enlaces ecuatoriales**. Las uniones de los hidrógenos ubicados encima o debajo del plano son paralelos a un eje perpendicular a éste, por lo que se denominan **enlaces axiales**. En la conformación silla, cada átomo de carbono posee un enlace ecuatorial y otro axial.

El ciclohexano que sólo tiene hidrógenos unidos a sus átomos de carbono, no solamente está libre de tensión angular y torsional, sino también de tensión de van der Waals. Los hidrógenos ubicados en carbono adyacentes están separados por la misma distancia (2,3 Å) que en el etano escalonado. Observamos que los tres hidrógenos axiales de un mismo lado de la molécula se hallan bastante cercanos entre sí, a pesar de estar enlazados a carbonos alternados; sin embargo, sucede que se encuentran separados por la misma distancia favorable (2,3 Å) que los otros hidrógenos.

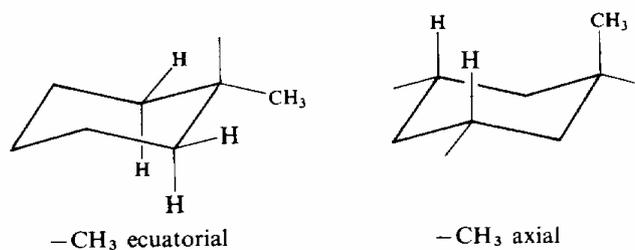
Si se reemplaza un hidrógeno por un átomo más grande o por un grupo, se produce aglomeración, siendo ésta más severa entre átomos unidos por los tres enlaces axiales de un mismo lado de la molécula; la interacción resultante se denomina **interacción 1,3-diaxial**. Excepto para el hidrógeno, **un átomo o grupo determinado tiene más espacio en una posición ecuatorial que en una axial**.

Como ejemplo sencillo de la importancia de las interacciones 1,3-diaxial, consideremos el metilciclohexano.



Para estudiar estabildades relativas de las varias conformaciones para este compuesto, debemos concentrar nuestra atención sobre el metilo, puesto que es el sustituyente más grande sobre el anillo y en consecuencia, el que está más sometido a un amontonamiento.

Hay dos conformaciones posibles, una con el -CH₃ en una posición ecuatorial y la otra con el -CH₃ en una axial.



Como se indica en la figura anterior, los dos hidrógenos axiales del C₃ y C₅, se acercan al -CH₃ axial del C₁ más de lo que se acerca cualquier hidrógeno al -CH₃ ecuatorial. Supondríamos más estable la conformación ecuatorial, lo que es así por unas 1,8 Kcal. Podemos apreciar que el -CH₃ se aleja de sus vecinos más cercanos en una posición ecuatorial.

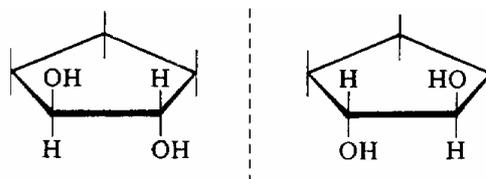
El análisis conformacional no solamente puede explicar la mayor estabilidad de una conformación con respecto a la otra, sino que a menudo también puede decirnos cuanto más estable es, con un grado de exactitud aceptable. Hemos atribuido la diferencia energética de 1,8 Kcal entre ambas conformaciones del metilciclohexano a interacciones 1,3-diaxiales entre un grupo metilo y dos hidrógeno, Sobre esta base, si asignamos un valor de 0,8 Kcal/mol a cada interacción 1,3-diaxial metilo-hidrógeno, nos encontraremos con que podemos explicar sorprendentemente bien las diferencias de energía entre conformaciones de una variedad de ciclohexanos con más de un grupo metilo.

Estereoisomerías de los compuestos cíclicos : isómeros cis y trans.

Abandonemos momentáneamente el análisis conformacional y estudiemos la isomería configuracional en los compuestos cíclicos.

Veamos el 1,2-ciclopentanodiol

Si examinamos cuidadosamente los modelos del cis y del trans 1,2-ciclopentanodiol, descubriremos que cada compuesto contiene dos centros quirales. Sabemos que los compuestos con más de un centro quiral son a menudo, no siempre, quirales. Para examinar la posible quiralidad, construyamos un modelo de la molécula y otro con su imagen especular.



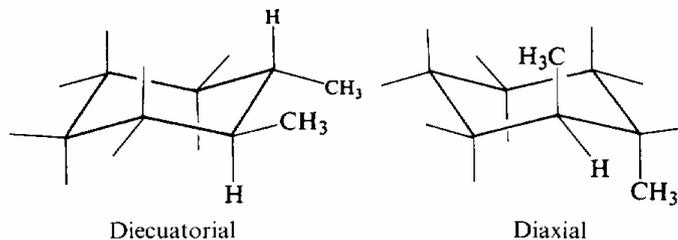
No superponibles
Enantiómeros: se pueden resolver
trans-1,2-Ciclopentanodiol

Al observar al compuesto trans 1,2-ciclopentanodiol, vemos que los modelos correspondientes no son superponibles. El glicol trans es quiral, por lo que ambos modelos corresponden a enantiómeros. Realice lo mismo para el compuesto cis 1,2-diciclopentanodiol y realice un análisis de las estructuras obtenidas.

Estereoisomería de compuestos cíclicos.

Aplicemos los métodos del análisis conformacional a la estereoquímica de los derivados del ciclohexano y puesto que ya estamos algo familiarizado con las interacciones del grupo metilo, usemos de ejemplos los dimetilciclohexanos.

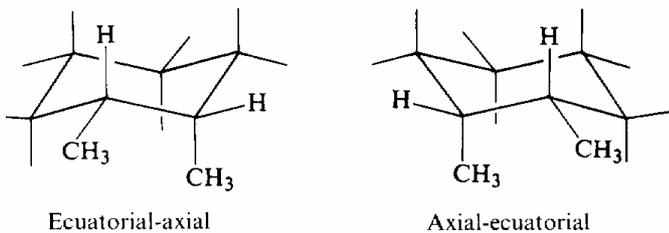
Sólo consideramos las conformaciones sillas, por ser las más estables, podemos apreciar que una molécula determinada del trans 1,2- dimetilciclohexano, para estudiar nuestro primer ejemplo, puede existir en dos conformaciones.



conformaciones silla del trans 1,2-dimetilciclohexano

En una de ellas, ambos grupos metilo se encuentran en posición ecuatorial y en la otra ambos grupos -CH₃, están en posiciones axiales. Podemos apreciar que los dos - CH₃ del isómero trans no se encuentran necesariamente en lados opuestos del anillo; de hecho,

la conformación más estable es la diecuatorial, debido a la menor aglomeración entre grupos -CH_3 e hidrógenos axiales del anillo.



conformaciones silla del cis 1,2-dimetilciclohexano

Una molécula de cis 1,2-dimetilciclohexano también puede existir en dos conformaciones. En este caso, ambas son de igual estabilidad (son imágenes especulares) puesto que en cada una hay un grupo -CH_3 ecuatorial y una axial.

En la conformación más estable del trans 1,2-dimetilciclohexano, ambos grupos -CH_3 ocupan posiciones ecuatoriales no impedidas. En una y otra conformación del cis 1,2-dimetilciclohexano, solamente un grupo -CH_3 puede ocupar una posición ecuatorial. No es sorprendente que el trans 1,2-dimetilciclohexano resulte más estable que el isómero cis.

Es interesante destacar que en la conformación más estable (diecuatorial) del isómero trans, los grupos -CH_3 están separados por la misma distancia que en cualquiera de las conformaciones del isómero cis. Evidentemente, no es la repulsión entre los grupos -CH_3 la que da origen a la diferencia de estabilidad entre los isómeros trans y cis como podría decirse incorrectamente de las representaciones planas, sino a las interacciones 1,3-diaxiales.

HOJAS DE RESPUESTAS

Capítulo I

Nombre de estructuras

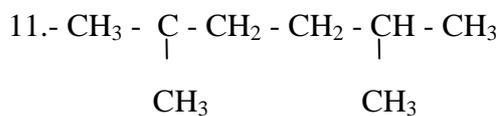
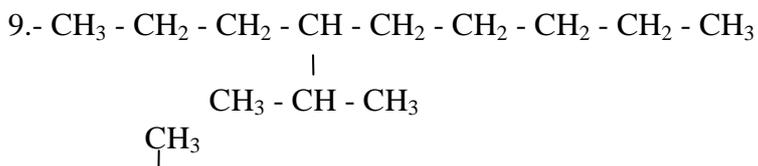
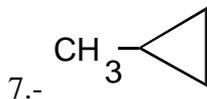
- 1.- 2-metil pentano
- 3.- pentano
- 5.- etilo
- 7.- 2,2,6-trimetil-4-isobutilheptano
- 9.- 2,3,5,6-tetra metiloctano
- 11.- butilo
- 13.- 3-metilhexano
- 15.- 2-metil-5-propiloctano
- 17.- secbutilo
- 19.- 3,6-dimetiloctano
- 21.- 4-isopropilnonano
- 23.- 2-metil-5-isopropiloctano
- 25.- 4-etil- 2,8,8-trimetilundecano

Cicloalcanos

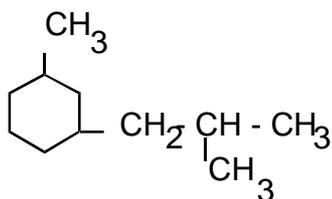
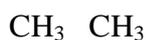
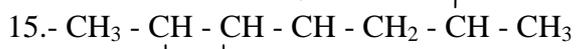
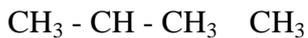
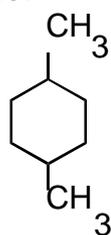
- 1.- 4-metil-1-etilciclohexano
- 3.- ciclobutil
- 5.- etilciclobutano
- 7.-. etilciclohexano

Estructuras.

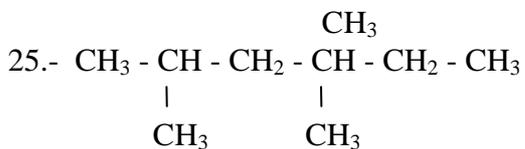
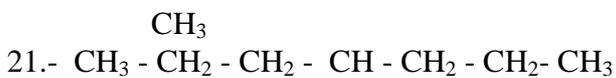
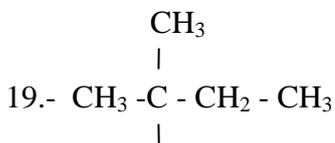
- 1.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- 3.- $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2 -)_{18} - \text{CH}_3$
- 5.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$



13.-



17.-



Capítulo II

Nombre a estructuras

1.- 3-metilbuteno

3.-propeno

5.- 5-etil-2,7-dimetil-3-octeno

7.- propenilo

9.- 3-etil- 4-metil-2-hexeno

11.- 1,4-heptadieno

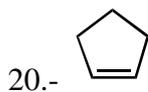
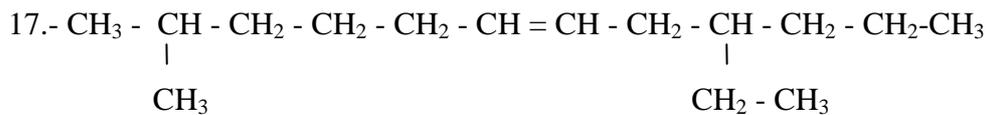
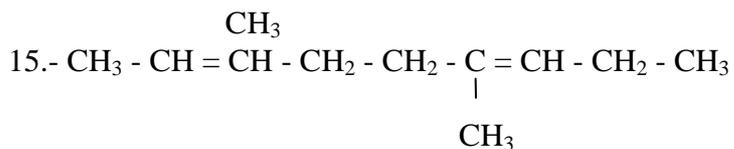
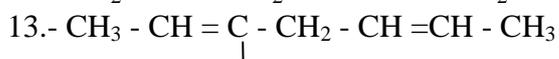
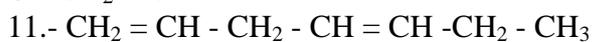
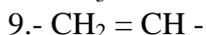
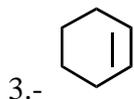
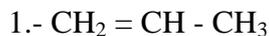
13.- 4,8,8-trimetil-2,6-decadieno

15.- 3-metil-1,4-heptadieno

17.- 4,5,6,7,8-pentametil-1,9-tridecadieno

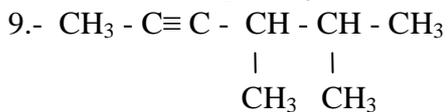
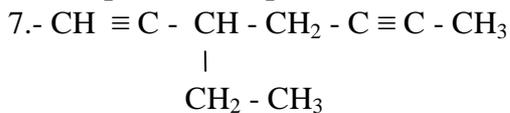
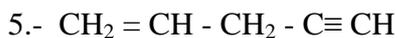
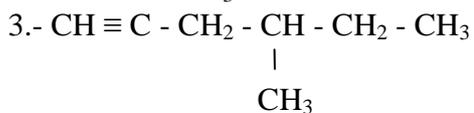
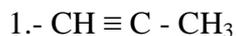
- 19.- 3-etilciclobuteno
 21.- 1,3,5-trietilciclohexeno

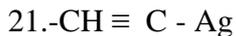
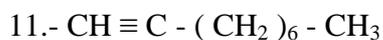
Estructuras



Capítulo III

Estructuras





Capítulo IV

Nombre a estructuras

1.- 2-butanol

3.- 4,4-dimetil-3-heptanol

5.- 4-isopropil-2-heptanol

7.- 2,5,7,8-tetrametil-3-isopropil-5-secbutil-3-decanol

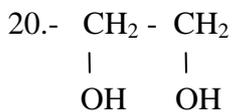
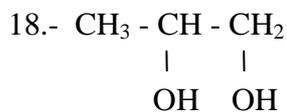
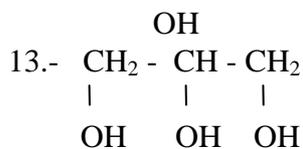
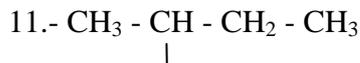
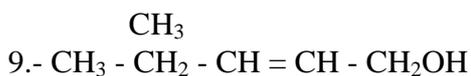
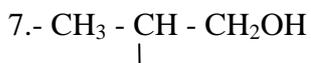
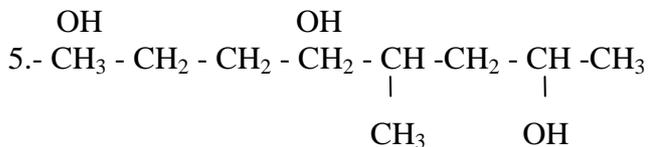
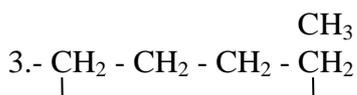
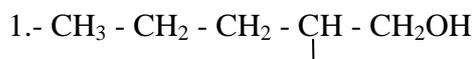
9.- 4-hexen-2-ol

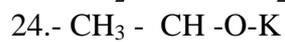
11.- 3-etil-2,7-dimetil-2,6-octanodiol

13.- 3,7,8-trimetil-5-decanol

15.- propóxido de aluminio

Estructuras





|



Capítulo V

Nombre de estructuras

1.- clorometano

3.- 3-cloropentano

4.- 1,2-diclorobutano

5.- 2,2-diclorobutano

7.- 2,2-dicloropropano

9.- 1,2,2-tricloropentano

11.- 1,3,5-tricloropentano

13.- 2,2,4,4,7-pentaclorooctano

17.- cloroeteno o cloruro de vinilo

18.- 3-cloropropeno o cloruro de alilo

20.- clorociclopropano

22.- 1,3-diclorociclohexano

Estructuras



|



|



|



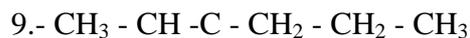
|



|



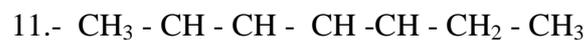
|



|



|



|



|

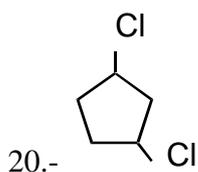
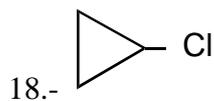
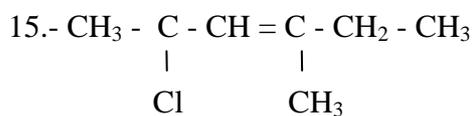
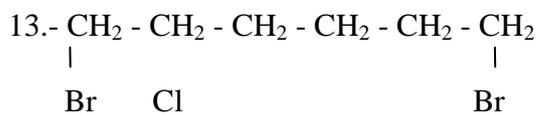


|



|



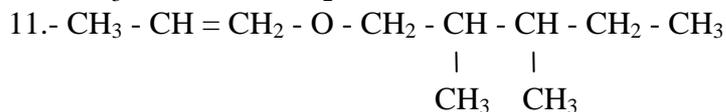
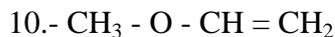
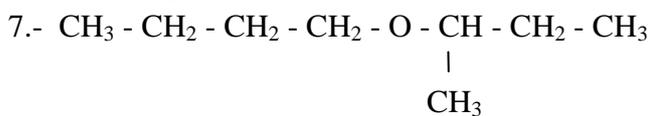
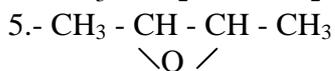
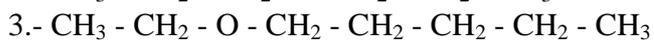
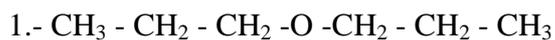


Capítulo VI

Nombre de estructuras

- 1.- etilpropileter
- 3.- metiltercbutileter
- 5.- 2,3-epoxipentano
- 7.- 2,5-dimetil-5-metoxioctano
- 9.- propilalileter
- 11.- alil-2,3-dimetilbutileter

Estructuras



Capítulo VII

Nombre de estructuras

- 1.- ácido butírico
- 3.- ácido 4-clorohexanoico

- 5.- ácido 2,2-dimetilpropanoico
- 7.- ácido alfa hidroxipropiónico
- 9.- ácido 2-bromo-3-pentenoico
- 11.- ácido butanodioico

Estructuras

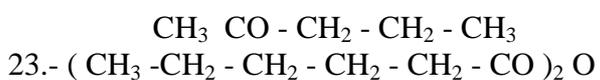
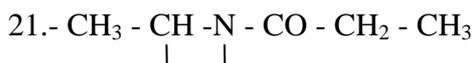
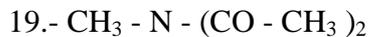
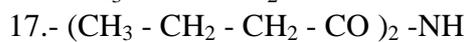
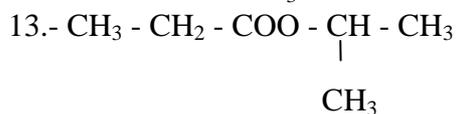
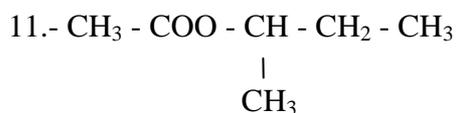
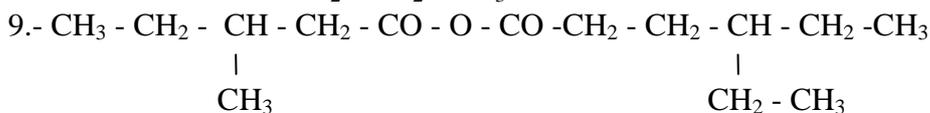
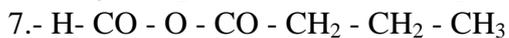
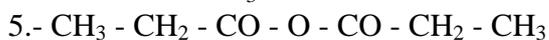
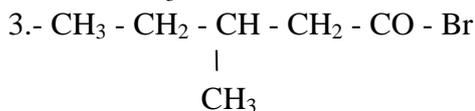
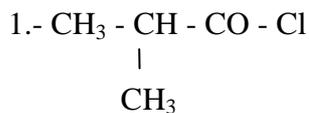
- 1.- $\text{CH}_3 - \text{COOH}$
- 3.- $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH}$
|
 CH_3
- 5.- $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
|
 Cl
- 7.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
|
 CH_3
- 8.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
- 11.- COOH
|
 COOH
- 13.- $\text{HOOC} - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
| |
- 15.- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$
|
 OH CH_3
- 18.- $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
 CH_3 $\text{CH}_2 - \text{CH}_3$
| |
- 20.- $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
|
 $\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Capítulo VIII

Nombre de estructuras

- 1.- cloruro de butirilo
- 3.- cloruro de formilo
- 5.- anhídrido propiónico
- 7.- anhídrido propiónico butírico
- 9.- anhídrido 3-metilbutanoico-4,4-dimetilhexanoico
- 11.- 3-metilbutirato de isopropilo
- 13.- N-tercbutilacetamida
- 15.- N,N,-dimetilformanamida

Estructuras.



Capítulo IX

Nombre de estructuras

1.- 3-hexanona

3.- pentanal

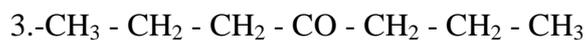
5.- ácido 4-oxoheptanoico

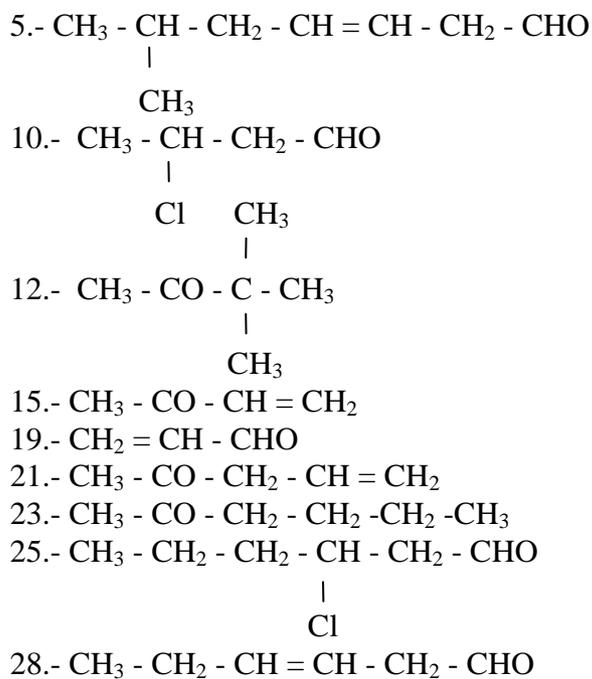
7.- 4-cloropentanal

9.- 3-oxobutirato de isopropilo

11.- 5-octen-4-ona

Estructuras



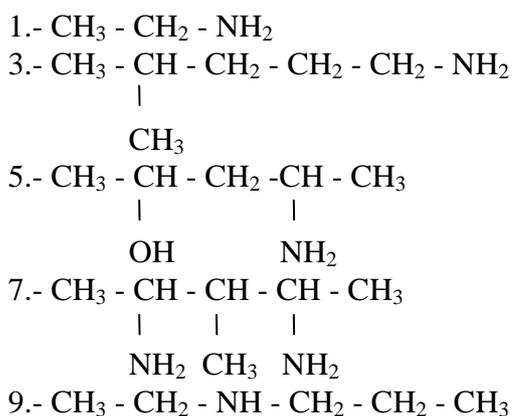


Capítulo X

Nombre de estructuras

- 1.- etilisopropilamina
- 3.- etiltercbutilamina
- 5.- 2-cloro-1-metilpropilamina
- 7.- 2-hidroxi-1,4-butanodiamina

Estructuras



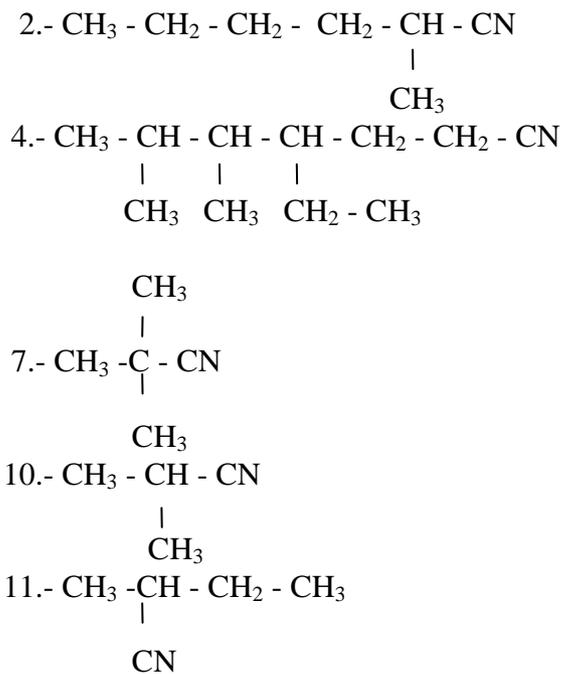
Capítulo XI

Nombre de estructuras

- 1.- cianuro de propilo
- 3.- cianuro de 1-etilpropilo

- 5.- cianuro de propenilo
- 7.- cianuro de 2-buten-1-ilo
- 9.- cianuro de vinilo
- 10.- cianuro de alilo

Estructuras

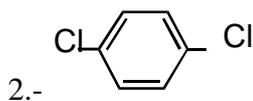


Capítulo XII

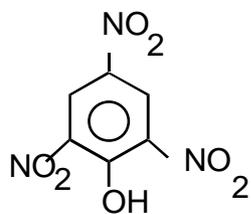
Nombre de estructuras

- 1.- difenilmetano
- 3.- N-fenilacetamida
- 5.- difeniléter
- 7.- bencenosulfonato de etilo
- 9.- difenilcetona
- 11.- bencenosulfonato de sodio
- 13.- benzoato de metilo
- 15.- difenilo

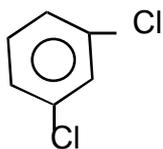
Estructuras



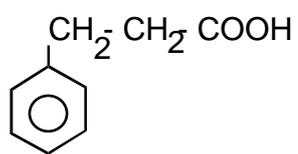
4.-



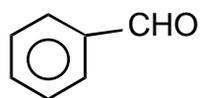
6.-



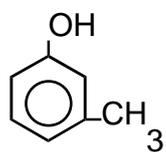
8.-



10.-



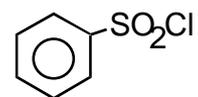
15.-



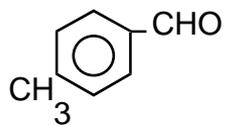
19.-



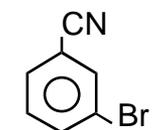
23.-



28.-



33.-



BIBLIOGRAFIA

- **Química Orgánica**; John Mc Murry ; Editorial Iberoamericana; 1994;Mexico
- Química Orgánica**; L.G.Wade, Jr; Prentice-Hall Hispanoamericana S. A. 1993 Mexico
- Química Orgánica**; Robert T. Morrison, Robert N. Boyd; Editorial Addison-Wesley Iberoamericana; 1990.Estados Unidos
- Advance Organic Chemistry**: Jerry March; Editorial Wiley-Interscience Publication USA. 1985.
- The Organic Chemistry Problem Solver**; Staff of Research and Education Association.
Dr.M.Fogiel. Editorial Research and Education Association REA 1983.
- Química Orgánica**; Stanley H. Pine, Jane B. Hendrickson, Donald J. Cram, George S. Hammond, Editorial La Colina S.A. 1982 España
- Introducción a la Química Orgánica**; Albert Zlatkis, Eberhard Breitmaier, Gunther Yung; Editorial Mc Graw-Hill 1980 .
- Problemas y Ejercicios en Química Orgánica**. A. Bolesov Editorial Reverté 1978.